SCIENTIFIC LITERACY

Towards Balance in Setting Goals for School Science Programs

A Discussion Paper
by Douglas A. Roberts

April 1983

Discussion Papers are working documents. They are made available by the Science Council of Canada, in limited numbers, to interested groups and individuals for the benefit of their comments.

The views expressed in this Discussion Paper are those of the author and are not necessarily endorsed by the Science Council of Canada.

Copies of

SCIENTIFIC LITERACY
Towards Balance in Setting Goals for School Science Programs

are available
free of charge from:

The Publications Office
Science Council of Canada
100 Metcalfe Street
Ottawa, Ontario.
K1P 5M1

Des exemplaires de
La culture scientifique - L'équilibre dans la définition des objectifs de l'enseignement des sciences
sont disponibles gratuitement

© Minister of Supply and Services, 1983

Catalogue No. SS21-5/1983-2E
ISBN No. 0-662-12533-9

TABLE OF CONTENTS

Foreword		5
I.	INTRODUCTION	7
II.	CURRICULUM EMPHASES: OBJECTS OF CHOICE	10
	"Why Are We Learning This Stuff?"	10
	Seven Curriculum Emphases for Science Education	11
	How Do Curriculum Emphases Get Into Programs?	14
III.	SCIENTIFIC LITERACY: FIRST THE SLOGAN	15
	Scientific Literacy and US National Manpower	15
	The Logic of Educational Slogans	17
IV.	THE MANY FACES OF SCIENTIFIC LITERACY	20
	The Composite Sense of Scientific Literacy	21
	Evolution of the Composite Sense of Scientific Literacy	25
	Two Distinctive Senses of Scientific Literacy	29
V.	THE MIXED BLESSINGS OF AN AGING SLOGAN	33
Notes		37
Publications of the Science and Education Committee		43

FOREWORD

This paper is the sixth in a series of discussion papers prepared for a study of Canadian science education being undertaken by the Science Council of Canada, under the direction of its Science and Education Committee. The study, which began in the spring of 1980, has three overall aims:

- to establish a documented basis for describing the present purposes and general characteristics of science teaching in Canadian schools;
- to conduct an historical analysis of science education in Canada;
- to stimulate active deliberation concerning future options for science education.

As this third aim suggests, the Science Council has, at present, no collective view on desirable directions for science education in Canada. However, in order to develop such a view, it is actively soliciting a diversity of opinions. It is intended that these viewpoints, expressed in the form of discussion papers and disseminated as widely as possible, will prompt science educators and others to review current policies and practices. By sharing in these deliberations and at the same time conducting a systematic inquiry into current and past policies and practices, the Science Council hopes to acquire a good understanding of the state and needs of science education in this country, and thereby make constructive recommendations.

Earlier papers in the series have each selected a particular feature of the "educated person" and have argued from this feature that science education in school ought to emphasize a specific group of objectives. These selected features have also given the authors bases from which to criticize present policies and practices in science education. For example, James E. Page focussed on the lack of a Canadian context in science education, Glen Aikenhead on its failure to deal with the social implications of science, Donald A. George on the lack of attention to the skills of an engineer, Hugh Munby on the tendency for students to become intellectually dependent on teachers and textbooks, and Marcel Risi on the inadequacy of teaching science as only a body of knowledge.

This paper takes an entirely different approach; it asks how all of these valid criticisms can be responded to in the context of a real science program. In answering this question, Douglas A. Roberts - himself, a member of Council's committee on science and education - reconstructs the concept of "scientific literacy" as representing a balance among a variety of otherwise competing purposes for teaching and learning science.

It must be stressed that the views expressed in this discussion paper are those of the author, and not necessarily those of the Science Council or its Science and Education Committee. However, in publishing the paper, Council believes that a well-argued position has been set out, and that discussion amongst a wider audience can benefit both the study and Canadian science education in general.

James M. Gilmour,
Director of Research,
Science Council of Canada.

I INTRODUCTION

During the past two years, the Science and Education Study being conducted by the Science Council of Canada has published five "discussion papers" designed to stimulate debate about the goals of school science programs in Canadian provinces and territories. The authors have elaborated convincing reasons for reorienting school science programs in five different directions, arguing in turn for:

- more Canadian content (Page[1]);
- more attention to science/society issues (Aikenhead[2]);
- more attention to the engineering and technological applications of science (George[3]);
- programs to help learners understand scientific thinking well enough that they can appraise it with intellectual independence (Munby[4]);
- more attention to holistic and creative applications of science in problem solving (Risi[5]).

To any teacher or curriculum worker these are apparently conflicting demands, yet all of them make good sense. In the practical world of curriculum making and science teaching, can all of these important matters be accommodated? The answer is "Yes." The further question is "How?"

I have two purposes in this paper. The first is to examine a broad "umbrella" goal for school science programs, commonly referred to as "scientific literacy," which has evolved in practice as a way to express a

balanced formulation of the several legitimate and competing purposes for teaching science in the schools. The second is to argue in favour of such a balance when goals for science education are being formulated and decided upon. To fulfill these two purposes, the story line of this paper proceeds through four major points.

(1) It is impossible to teach science content without simultaneously expressing curricular intent, or purpose. That is, what a student is learning (say, kinetic-molecular theory) is only half the curriculum. Why it is to be learned (say, in order to understand how models are developed in science to explain natural phenomena), which the student also learns, is the other half. That second half, which can be called the "curriculum emphasis" of any part of the science program, is what varies in the five discussion papers noted earlier. The subject matter of science courses is not necessarily at issue.

(2) Seven distinct curriculum emphases can be detected in the history of science education in North America. Each of these embodies an answer to the question "Why should students learn science?" The selection of an answer to that question is a sociopolitical process of deliberation. The answer will legitimately differ for different students and for different regions of a country such as Canada. There is no "scientific" or "theoretical" or "correct" answer to the question, but there will be a "best" (or most defensible) answer for any given unique situation.

(3) The phrase "scientific literacy" is used frequently to mean comprehensiveness in the goals of a science program, and therefore balance among the several competing curriculum emphases. However, the phrase did not begin its linguistic life that way. It therefore has retained some different meanings which it acquired during the evolution of its use in the profession.

(4) Each of the seven curriculum emphases for science education, like each of the five discussion papers, has a reasonable basis. None is

inherently superior to the others. Therefore, every student should be exposed at some point to all possible curriculum emphases, even though more intense concentration on some emphases will be more appropriate for some students.

II CURRICULUM EMPHASES: OBJECTS OF CHOICE

"Why Are We Learning This Stuff?"

Formulating a satisfactory answer to that student query frequently causes science teachers a great deal of discomfort. Yet, students do ask the question, and thereby remind us that teaching has two components: content and intent (or purpose). To illustrate the point and its significance, let us use that ancient and venerable teaching device, the textbook.

Consider two science textbooks, written for students in grade nine, that deal with the topic of heat. Both deal with basic principles that summarize a scientific understanding and explanation of thermal phenomena - such familiar items as the three means by which heat travels, the basic points of kinetic-molecular theory and the difference between heat and temperature. Yet the one text embeds that subject matter in a series of discussions about the ways in which these principles are applied in the technology of everyday life, explaining, for example, the workings of convection currents in hot water heaters and the differential expansion of bimetallic strips used in thermostats; the other embeds the same subject matter in a story line showing that caloric theory has been replaced by kinetic-molecular theory in the development of physics. The first text teaches the student that the purpose of learning the science is to be able to understand familiar everyday gadgets. The second gets across the message that one learns science in order to understand the scientific enterprise itself.[1]

Whenever one finds two textbooks that treat the same subject matter yet have a distinctly different "flavour," one can be sure it is the curriculum emphasis, or purpose for learning the material, which is responsible for the difference. The same is true of teaching, and of curriculum guidelines and resource documents. Content and intent, by the very nature of education, are always present. (It is worth noting that science textbooks which seem to present nothing but "straight content" also teach the student a message about the intent of learning: "Learn 'the stuff' for its own sake.")

Now, the five discussion papers released by the Science and Education Study focus on five different purposes for learning science. Each author argues, convincingly in my judgement, that adequate treatment of his particular purpose for learning science should be an important part of the school science program. Some of the authors, indeed, argue that the purpose they are discussing is completely ignored in Canadian school science. How do different purposes for learning science get included in, or excluded from, the science program?

Seven Curriculum Emphases for Science Education

The purpose for which a student is meant to learn science, or any other subject, we can conveniently call the "curriculum emphasis" of the program, or portion of the program, under examination. Seven of these can be found in the history of science education practice in elementary and secondary schools in North America. Their names are suggestive of their meanings; nevertheless, a few comments are presented about each for further clarification.[2]

An Everyday Coping emphasis orients science teaching towards the application of science to objects and events of fairly obvious importance to the student. Topics in biology, for instance, can be organized and taught so that the students' purpose in learning them is to understand the functioning and intelligent care of the human body. Chemistry topics can be taught in the service of understanding certain common chemical processes

which occur in the home, the automobile and industry. Physics topics can be oriented to show how various common home devices - such as the telephone, the furnace or the electric iron - function and can be maintained.

A Structure of Science emphasis orients teaching in such a way that the student comes to understand how science functions as an intellectual enterprise. Attention is given to the relationship between evidence and theory, the adequacy of any given model to explain the phenomena at hand, the self-correcting features of the growth of science, and similar matters relating to the way in which scientific knowledge is developed. This is a very common emphasis in science education worldwide at this time.

A Science, Technology and Decisions emphasis draws attention to the limitations of science, but also to its strengths, in dealing with the practical affairs of mankind. Science is distinguished from technology as the development of knowledge is distinguished from its application in the service of getting jobs done more efficiently or with less menial labour. The practical character of decisions about whether or not to proceed with a particular technological application - such as the building of nuclear power plants - is very much a part of this emphasis.

The Scientific Skill Development emphasis has science subject matter taught in the service of developing sophisticated conceptual and manipulative skills, such as observing, measuring, experimenting, hypothesizing, etc. It represents an emphasis on the means of scientific inquiry.

The Correct Explanations emphasis focusses heavily on the ends of scientific inquiry, rather than the means. The emphasis is familiar to anyone engaged in science teaching as the "master now, question later" strategy. (This is one emphasis in which no explicit communication is provided to the student about the purpose for learning science. The message is communicated by default, as it were. It says "Learn it because it's correct.")

The Self as Explainer emphasis concentrates on the similarities between a student's explanatory activities within his/her cultural context, and the explanatory ideas of scientists within their own cultural matrix. Thus the development of scientific ideas shows up as a function of human purpose, and it is only a short step from there to looking at other modes of explanation, such as religion and magic, to see that a different kind of human purpose is served by those. (Incidentally, it is within this curriculum emphasis that the perplexing educational problems arising from the creation/evolution controversy can be explored and dealt with most fruitfully.)

The Solid Foundation emphasis answers the student query about the purpose of learning "this stuff" in a straightforward manner: "to get ready for the 'stuff' you are going to learn next year." In some ways this is a reassuring curriculum emphasis, for it indicates to the student that he/she is learning something that fits into a structure which has been thought about and planned. This is the familiar curriculum emphasis which invites secondary school teachers to tell elementary school teachers what they should teach, and in turn invites university professors to tell secondary school teachers what they should teach, graduate schools to tell under- graduate instructors what they should teach, etc. (This is another emphasis whose message is communicated by default.)

Is "scientific literacy" a curriculum emphasis for science education? No. The seven curriculum emphases listed above are relatively distinct, but scientific literacy has a variety of definitions. In some current Canadian examples of usage, for instance, we find the following discrepancies. Page's discussion paper suggests that scientific literacy represents a Science, Technology and Decisions curriculum emphasis with examples drawn heavily from the Canadian context.[3] Yet the British Columbia Science Assessment definition casts scientific literacy more like a Structure of Science emphasis,[4] and Newfoundland's 1978 curriculum guideline for elementary science suggests a blend of parts of three emphases (Solid Foundation, Scientific Skill Development and Everyday Coping). Similarly,

the large bulk of published information in the science education literature shows that different authors define scientific literacy as different combinations, in whole or in part, of the curriculum emphases I have listed. I will have more to say about this eclecticism in chapter 4.

How Do Curriculum Emphases Get Into Programs?

Curriculum emphases go in and out of fashion. Economic, cultural and nationalistic factors are among those determining which emphases are present in the school science program at any given time. The emphases are selected, then, and the process by which the selection occurs is a political one. Thus it is not the case that there are some "correct" emphases and other "wrong" ones. Each is a legitimate candidate for choice.

A further point is worth noting about the making of policy choices concerning curriculum emphases. A curriculum emphasis does not necessarily have to control the science education orientation for a child's entire school career, or even for a period as long as one year. Technically speaking, a curriculum emphasis can be made to "materialize" in a learner's experience in the course of teaching about five to six weeks' worth of science subject matter (roughly what is referred to as an instructional "unit"). That is, there is a minimum of time which an emphasis requires to be developed, but a given program for a school year could incorporate several emphases in sequence (though, by definition, not simultaneously).[5]

III SCIENTIFIC LITERACY: FIRST THE SLOGAN

In discussing goals of science education programs, many professionals now use the term "scientific literacy" to represent comprehensive, balanced and composite goal statements which cover all curriculum emphases for science education. That is, in the usage of such people, "scientific literacy" is not a narrow or specific kind of goal, on the order of a single curriculum emphasis. Yet, as we have seen in the three examples of Canadian usage just cited, there is some promiscuity of usage about the term. Different people mean different things when they use it.

How could this have come about? Easily. Promiscuity of usage is a characteristic of educational slogans which have been around for a while. It is therefore worth a detailed examination of the history of the phrase "scientific literacy" - for it began its linguistic life in science education as a slogan rather than as a definition.

Scientific Literacy and US National Manpower

Let us consider briefly what educational slogans are all about, especially as they contrast with eduational definitions, and also examine an early use of "scientific literacy" in the United States (where the phrase seems to have originated in the 1950s) to reveal its slogan-like features. Two analytical treatments of slogans will be helpful, the one by Israel Scheffler[1] and the other by Paul Komisar and James McClellan.[2]

We begin with Scheffler: "Slogans in education provide rallying symbols of key ideas and attitudes of educational movements."[3] Whereas

educational definitions serve the community by providing clarification and facilitating communication, slogans serve by "attracting new adherents and providing reassurance and strength to veterans."[4] (This is a perfectly acceptable function of language, of course, especially in policy debate.)

Notice how one of the earliest (1960) published uses in the United States of the phrase "scientific literacy" occurs, in the volume Policies for Science Education produced by the Science Manpower Project at Teachers College, Columbia University.[5] (That project drew much of its support from a group of 36 major American industries and foundations.) Reference to "scientific literacy" is made three times in the book - twice in the first chapter, written by the editor (Frederick Fitzpatrick, then Head of the Department of Teaching of Science at Teachers College, Columbia). Commenting on the extensive concentration of the group discussions on the need for scientific and technical manpower and the role science education plays in producing that manpower, Fitzpatrick cautions:

> "...We should not lose sight of the fact that no citizen, whether or not he is engaged in scientific endeavors, can be literate in the modern sense until he has understanding and appreciation of science and its work... . If the Zeitgeist is to be favorable to the scientific enterprise, including both academic and industrial programs, the public must possess some degree of scientific literacy, at least enough to appreciate the general nature of scientific endeavor and its potential contributions to a better way of life."[6]

Fitzpatrick is here using "scientific literacy" as a rallying symbol for an educational ideology, not as a definition. The general meaning of the phrase is fairly clear, if we do not ask too many specific questions. The function of the statement, though, is to gain adherents to the idea that too much attention to one goal for science education programs (the production of scientific and technical manpower) would be penny-wise and pound-foolish, since the citizenry has to pay taxes to support the work and training of those people. Thus the citizenry had better be sympathetic:

> "If our young people are to possess any marked degree of scientific literacy they must exert themselves... . We need a public attitude which makes ignorance unfashionable and holds the acquisition of knowledge in esteem."[7]

The point is hammered home later in the book in the only other reference to scientific literacy. (This one was not written by Fitzpatrick.)

> "The ultimate fate of the scientific enterprise is in no small degree dependent upon establishing a species of scientific literacy in the general population."[8]

The Logic of Educational Slogans

Let us shift focus to Komisar and McClellan now, and concentrate on another feature of slogans which is worthy of our attention - their logical construction. Because slogans most closely resemble generalizations in their logical features, Komisar and McClellan point out, it is perfectly natural to expect that one can unerringly draw implications from a slogan to one's particular situation. In the present case, then, we would expect simply to deduce from "scientific literacy" the particulars which the generalization-like statement would be assumed to summarize. But notice, in our example above, that Fitzpatrick did not specify particulars A, B, C, D and E, and then summarize them with the generalization "Scientific literacy is important." Instead, he simply used the phrase with a meaning that is more or less suggestive of some particulars but is actually very general and shadowy. To ask "How would a scientifically literate student behave, or think, or make decisions?" would be to invite different individuals to interpret the slogan in their own ways. Komisar and McClellan put it this way:

> "Seeking to find the particulars summarized by a slogan is logically a quite different kind of procedure from that of finding the particular implications of a generalization. Between the generalized slogan and its application to a particular case stands a somewhat arbitrary act of interpretation."[9]

Consistent with this logical feature, slogans have to be deliberately restricted or interpreted.

> "Some person or group actually makes this slogan mean this or that kind of educational program. They give the slogan this interpretation. In a sense, they are legislating or establishing a rule for the interpretation of their slogan."[10] (Emphases are in the original.)

It follows that there can be no "correct" interpretation of a slogan, since the logic of translation from slogan to program is not bound by the rules of logical deduction, but is only guided by some sense of reasonable consistency. That is in the nature of slogans; it is not my intention to suggest that interpreters use linguistic legerdemain or sloppy logic.

We can see the Fitzpatrick statement, then, as a watershed. I am not claiming that Fitzpatrick invented the slogan, only that the way he used it in a prestigious document probably crystallized what was already "in the air." Indeed, an earlier use of the phrase appears, for example, in a paper published by Paul Hurd in 1958.[11] Again, in 1960 Alan Waterman, then Director of the National Science Foundation, used the phrase in much the way Fitzpatrick did. Waterman made relatively brief reference to NSF's concern that it was "urgent that the level of scientific literacy on the part of the general public be markedly raised" so that the citizenry would have "at least a general knowledge and understanding of the nature of science and its implications for the national defense and welfare." This, because "progress in science depends to a considerable extent on public understanding and support."[12] It was Fitzpatrick, though, who coined the rallying symbol for an educational ideology based on scientific literacy for the general public in an influential document speaking directly to a US national priority of the 1950s. The logic of slogans being what it is, somewhat arbitrary interpretations would have to be part of any attempt to convert "scientific literacy" into statements of aims for science education programs. Accordingly, a diversity of interpretations is to be expected in the science education literature published in the US which, given the cultural diffusion that is part of any profession, has inevitably filtered

into Canadian discourse (and the discourse of other countries as well, obviously).

Let us turn next to an examination of the diversity of interpretations given to "scientific literacy" between about 1960 and about 1980.

IV THE MANY FACES OF SCIENTIFIC LITERACY

The better part of a decade passed between the publication of Fitzpatrick's rallying call for scientific literacy and the appearance of Paul Hurd's definitive work on secondary school science curriculum in the United States.[1] By 1969 much had been written about scientific literacy; Hurd, commenting on the scene, characterized it as follows:

> "No one seems to deny that developing a scientific literacy is an essential component of general education, although there is little agreement as to just what this means. One idea does seem quite clear: the role of science in our culture, its integration into nearly every aspect of human life and human needs, demands a revamping of science teaching to develop a coherence of science and society. The present curriculum reform has resulted in courses that are bound to scientific disciplines neglecting the social aspects of science."[2]

Anyone familiar with the so-called "alphabet courses" (or "ABC courses") - BSCS, CHEMS, PSSC* etc. - developed during that period in the United States (and widely adopted in Canada) will know that Hurd's characterization is accurate. What seems to have happened is that new courses were developed for the pool of potential scientific and technical manpower first, but that (with very few exceptions, at least among the secondary school courses) the "general public" Fitzpatrick referred to was not very well served by the science course reforms. Apparently, the scientific literacy of the general public was not a top priority of curriculum

---

* Biological Sciences Curriculum Study, Chemical Education Material Study, Physical Science Study Committee.

reformers. The reading demand, conceptual level and curriculum emphasis of the alphabet courses (with the possible exception of some BSCS efforts) simply did not operationalize the ideology Fitzpatrick had announced.

To be sure, there were many interpretations of scientific literacy (as Hurd suggests). In this section I should like to make some sense of all that interpretive activity, by calling attention to its development in two directions. Some writers attempted to comment on the spate of interpretations by combining them, thus producing a composite sense of scientific literacy. Others retained a distinctive sense of the concept, one which would grow and take on more meaning when classroom research and student evaluation were based on it.

The Composite Sense of Scientific Literacy

The most exhaustive composite definition of scientific literacy to appear in the science education literature to date is the "theoretical model of scientific literacy" which Lawrence Gabel developed in 1976 as part of his doctoral thesis.[3] From a very large and complete data base, Gabel collected statements which were interpretations of the meaning of scientific literacy, and ultimately produced a "model" in which all of the statements he found could be categorized. His model has the following eight "dimensions," each of which refers to an aspect of science education which someone has referred to in the process of interpreting the meaning of scientific literacy:

I. Organization of Knowledge

II. Intellectual Processes

III. Values and Ethics

IV. Process of Inquiry

V. Human Endeavour

VI. Interaction of Science and Technology

VII. Interaction of Science and Society

VIII. Interaction of Science, Technology and Society

Bear in mind that the interpretive statements Gabel was categorizing had been suggested as statements of educational aims, for the most part; hence he needed a second dimension to the "model." For that he combined the six major categories for cognitive objectives (Knowledge, Comprehension, Application, Analysis, Synthesis and Evaluation) in the widely used taxonomy developed by Bloom and others[4] with their three major categories for affective objectives (Valuing, Behaving and Advocating).[5] Thus the "model" is a grid consisting of eight categories on one dimension and nine on the other. Gabel reports that from the literature he was able to find entries for all but 16 of the 72 cells. To complete the composite picture, Gabel himself generated statements which would fill the remaining 16.[6] (See Table 1.)

What is immediately striking about Gabel's model is that it includes, under the definition of scientific literacy, every conceivable category of science education objectives. Table 2 has been prepared to make the point visibly. There, my seven curriculum emphases for science education, based on a historical analysis of practice, are compared to Gabel's eight categories. The reader will quickly see that Gabel's categories do not differ significantly from the seven major categories of science education aims I identified. To further illustrate the comprehensiveness of Gabel's "model," I have included in Table 2 the results of two major historical surveys of the objectives for chemistry and biology teaching as they have appeared in the US professional literature on science education from 1918 through 1972. The chemistry study shows nine major categories,[7] and the biology study shows seven.[8] Once again, Gabel's categories do not differ significantly.

Thus, scientific literacy has had so many interpretations that it now means virtually everything to do with science education. At least someone

Table 1: Dimensions of Gabel's Composite View of Scientific Literacy (after Gabel, p. 93).
(x = not found among the interpretations in the literature)

Dimensions of Scientific Literacy	Major Categories of Cognitive Objectives						Major Categories of Affective Objectives		
	Knowledge	Comprehension	Application	Analysis	Synthesis	Evaluation	Valuing	Behaving	Advocating
I Organization of Knowledge (a) Facts (b) Generalizations (c) Disciplines				x	x	x x	x	x	
II Intellectual Processes									
III Values and Ethics					x				
IV Process of Inquiry			x				x	x	x
V Human Endeavour							x		
VI Interaction of Science and Technology							x	x	x
VII Interaction of Science and Society								x	
VIII Interaction of Science, Technology and Society									

Table 2: The Comprehensiveness of Gabel's Composite View of Scientific Literacy

Roberts: 7 Curriculum Emphases for Science Education, 1900-present	Gabel: 8 Dimensions of Scientific Literacy, 1957-1976	Ogden: 9 Major Categories of Chemistry Objectives, 1918-1972	Ogden & Jackson: 7 Major Categories of Biology Objectives, 1918-1972
I Correct Explanations	I Organization of Knowledge	I Specific Topics in Chemistry	I Specific Topics in Biology
		II Scientific Methods of Thinking (skill and willingness)	II Scientific Methods of Thinking
		III Scientific Habits or Attitudes	
II Solid Foundation		IV Major Facts, Principles, or Fundamentals	III Major Facts, Principles, Concepts or Fundamentals
		V Career Development	IV Career Development
III Structure of Science	IV Process of Inquiry	VI Nature of Science and Scientists	
IV Scientific Skill Development	II Intellectual Processes	VII Processes, Skills and Techniques of Inquiry	V Processes, Skills and Techniques of Inquiry
V Self as Explainer	III Values and Ethics		VI Interest and Hobby Development
	V Human Endeavour		
VI Everyday Coping	VI Interaction of Science and Technology	VIII Applications of Chemistry to Daily Life	VII Applications of Biology to Daily Life
VII Science, Technology and Decisions	VII Interaction of Science and Society	IX Sociological Implications	
	VIII Interaction of Science, Technology and Society		

has an interpretation for scientific literacy which will fit into, or spread across some combination of, all the major categories of science education aims and objectives which have ever appeared.

Evolution of the Composite Sense of Scientific Literacy

Let us interpret the growth of the composite sense of scientific literacy by recalling that educational slogans (a) serve as rallying symbols for an ideology, and (b) have to be interpreted. As a slogan, scientific literacy seems to have a five-part developmental history which is consistent with these two features and which looks more or less like the following:

(1) Fitzpatrick crystallized an ideology that was already "in the air" and made an emphatic statement about it in a prestigious document published in 1960. I must say I was surprised to find no mention of scientific literacy in the equally prestigious 59th Yearbook of the (US) National Society for the Study of Education, Rethinking Science Education, which also appeared in 1960.[9] (Its authors do, however, express sentiments analogous to those underlying the concept of scientific literacy.) I have marked the Fitzpatrick statement as the first significant use of the phrase "scientific literacy". Others, for reasons not clear to me, credit Herbert Bailey with inventing the phrase in a paper which appeared in Saturday Review in 1957.[10] Yet Bailey, then Director of Princeton University Press, was not writing about science education and did not use the phrase "scientific literacy" at all. He was calling attention to the number of books being produced by university presses in the US about science which in his judgement could be understood by intelligent nonscientists. (The editor made a comment that the university presses "are helping the citizens of a scientific era to remain literate." Perhaps that is the connection.)

We can call this early period of our slogan's development, from about 1957 to 1963, its period of legitimation. During that time arguments were advanced promoting aspects of the ideology associated with scientific literacy. And, inevitably, some interpretations were made about the implications of the new slogan for program development.[11]

(2) A period of more serious interpretation followed, from about 1963 to 1966. This is not to suggest that earlier interpretations were frivolous, but rather that the intention of the writers in this next period seems to be different. Recall that the interpretation of a slogan involves a deliberate act of choice (not a logical deduction from general to particular); hence, there are no criteria for knowing whose interpretation is correct. Multiple meanings of equivalent legitimacy are to be expected. In the case of scientific literacy, Robert Carleton certainly documented the fact that multiple meanings were abroad in the land when, in 1963, he published without comment the interpretations of twelve prominent scientists and science educators who responded to his question, "What does it mean to be scientifically literate?" (Carleton was, at that time, Executive Secretary of the National Science Teachers Association in the US, an organization with obvious practical interest in the interpretation of the slogan.) The twelve interpretations are richly diverse.[12]

One finds some systematic research in this period as well. For example, one interpretation of scientific literacy had to do with the reading of "lay" articles about science in common magazines and newspapers. Several studies were conducted about the reading demand and conceptual load of such articles.[13]

(3) As the interpretations of scientific literacy continued, and continued to be diverse, it seems in retrospect to have been inevitable that someone would attempt an initial consolidation. It was Milton Pella and his colleagues in the Scientific Literacy Center at the University of Wisconsin in Madison who did so. In 1966 the classic "Referents to Scientific Literacy" was published as the result of a complex and comprehensive literature analysis.[14] That study presupposed that the definition of scientific literacy would be composite. The investigators identified the universe of interpretations for the term by searching literature on the basis of nine index terms which were already composite, but which were also consistent with early connotations of the slogan itself. It is instructive to see what the terms were:

- scientific literacy
- science and/or technology and the citizen
- relationships or interrelationships of science and/or technology and society and social problems
- relationship of science and technology
- science and/or technology and culture
- relationship between scientists and nonscientists
- science and the public domain
- science and general education
- the scientific and/or technological revolution

By an elaborate selection procedure, the investigators identified 100 papers and subsequently analyzed them for the "referents" authors made to scientific literacy. The result was, of course, a composite picture:

> "The scientifically literate individual presently is characterized as one with an understanding of the
> - basic concepts in science
> - nature of science
> - ethics that control the scientist in his work
> - interrelationships of science and society
> - interrelationships of science and the humanities
> - differences between science and technology."[15]

The investigators' concluding comment was that three of the six dimensions seemed to be more important than the other three: interrelationships of science and society, ethics of science and nature of science ranked as the more important, given the number of referents in the literature examined.

(4) There ensued a <u>period of further interpretation</u>, of more diversity. Eight years after the publication of "Referents," Michael Agin expressed concern as follows:

> "Many individuals use the term 'scientific literacy' but fail to give it an adequate meaning; they assume that everyone knows what the concept means. There is, therefore, a need for a more specific definition or description of the concept so that better communication is possible. A frame of reference should be established to help consolidate and summarize the many definitions."[16]

Again based his own paper on Pella's categories, so he surely cannot be saying that no "frame of reference" exists which can "consolidate and summarize the many definitions." Instead, he seems to be concerned that Pella's consolidation did not stop further interpretations. But, of course, that is what we expect from a slogan and, indeed, that eight-year period (1966-1974) was quite an active one for individuals writing about scientific literacy.[17] (Not surprisingly, people are still writing about it.)[18] Agin organized a symposium on scientific literacy at the 1975 meeting of the National Association for Research in Science Teaching in Los Angeles.[19] Pella's paper oriented scientific literacy in a general framework of literacy,[20] and O'Hearn used the Pella framework as a springboard for examining "future education" based on science.[21] In a paper completed about a year later, Dede reflected on the symposium, especially O'Hearn's paper, in the specific context of university courses on science and society.[22] Interpretation, then, did not stop during this period, but considerable interest was expressed, particularly during the 1975 symposium, that "models" (definitions, I presume) should be clarified, when speaking of scientific literacy.

(5) Eventually the interpretations of the slogan reached a point where very little could be said that was new. We might say the slogan reached a point of maturity or, perhaps, exhaustion. Gabel's consolidation shows that by 1976 scientific literacy had come to be equated with virtually all of the goals of school science programs for all students. Indeed, we find precisely that equation used in the introduction to the US National Assessment of Science report for 1976-77:

> "As a result of National Assessment's experience in the development of science achievement measures over the past 10 years, and the suggestions

> made in the most recent development cycle, the 1976-77 science assessment is an extremely comprehensive measure of the scientific literacy of young Americans."[23]

Thus did scientific literacy come to be an umbrella concept to signify comprehensiveness in the purposes of science teaching in the schools.

Two Distinctive Senses of Scientific Literacy

The composite sense of scientific literacy encompasses all goals (historically speaking) of school science programs, as we have seen, and indeed it suggests that all of those are appropriate in some measure for all students. But the "maturity" of the slogan does not mean that it now has a consistent definition wherever it is used. Scientific literacy is still a slogan, even though the ideology it now represents is that of comprehensiveness rather than the original nontechnical connotation of Fitzpatrick. Any serious definition for the phrase still has to be stipulated. More discussion of that point will be important in the concluding section of this paper, but at this point it is helpful in foreshadowing that discussion to consider two distinctive and well-defined senses of scientific literacy, the one by Robert Karplus and the other by Leopold Klopfer.

In 1964, Karplus set down one of the clearest definitions we have for scientific literacy, one which could then be used to guide program development and student evauation in the Science Curriculum Improvement Study (SCIS) for elementary schools. Here is the way he put it:

> "The Science Curriculum Improvement Study is ... attempting to develop a teaching program of which the objective is the increase of scientific literacy in the school and adult populations."[24]

Scientific literacy is defined somewhat later in the paper, in the following way:

> "In other words, to be able to use information obtained by others, to benefit from the reading of textbooks and other references, the individual must have a conceptual structure and a means of communication that

> enable him to interpret the information as though he had obtained it himself. I shall call this functional understanding of science concepts 'scientific literacy.' It should be the principal objective of the elementary school science program."[25]

The distinctive sense of Karplus's definition (which is certainly not composite) was embodied in a teaching program, and his interpretation of scientific literacy has not changed.[26]

Such is the difference between definitions and slogans in education. Materials development and teaching need crisp definitions to guide them, not slogans. Let us examine briefly a major study of the effectiveness of SCIS reported by Bowyer and Linn.[27] (There have been many other studies of SCIS, of course.) Having found a school system which used the SCIS program in all six grades of elementary school, and a population of nearly 200 students who had been exposed to the program from grade 1 right through grade 6, the investigators operationalized the original sense of scientific literacy built into the materials and tested the students, with some interesting results (especially gender effects). Most important for our purposes, though, the investigators are careful to point out that the SCIS definition of scientific literacy "refers to the first of the definitional components identified by Pella: knowledge of basic concepts in science and an understanding of the nature of science."[28] No effort was made, either by the investigators or the program they tested, to be comprehensive about scientific literacy, as Pella had been.

It would not have been possible to develop this coherent line of materials development and research, from which practice can be linked to more or less predictable results, without a clear, focussed definition of scientific literacy. A curriculum policy committee might find the accumulated research information about the SCIS program a very helpful bit of data in their deliberations. The information would tell them that "improving scientific literacy" is possible - and "possibles" are important considerations in policy discussion. "Just use this program," the research tells them, "and you can do the job" (to such-and-such a degree, with

thus-and-so kinds of children and teachers - the inevitable qualifications appended to claims made on the basis of educational research). But it is the Karplus kind of scientific literacy which is being improved, not the composite kind. Perhaps the point is obvious, but there is a legacy of confusion associated with any educational slogan: the same term refers to various sets of educational aims which, when operationalized, look different in practice and in results.

The second distinctive sense of scientific literacy I wish to remark upon is that which Leopold Klopfer used in an interesting programmatic piece titled "Science Education in 1991."[29] The "basic dilemma" of science education will be resolved by streaming, says Klopfer. That dilemma is the distinction between preprofessional science education (for "scientists, engineers, and physicians") and science education for the "90 percent of all working people ... engaged in occupations that are not directly related to science."[30] Klopfer's point is very much like the one Fitzpatrick made in 1960: the citizenry in general needs a science education which looks quite different from that of the student identified as a pre-professional in a scientific or technical field.

> "The key feature in the science education pattern in 1991 will be the clear distinction of two curricular streams through the secondary schools and colleges. One curricular stream will be designed for students planning to enter careers as scientists, physicians, and engineers. We shall call this the Prospective Scientists stream, or PS stream. The other curricular stream will be designed for students who will become the nonscientist citizenry ... housewives, service workers, salesmen, ...etc. We shall call this the Scientific Literacy stream, or SL stream. Differentiation of students ... will begin at about age fourteen when they choose the high school they will attend."[31]

Klopfer goes on, then, to describe in a convincing way the practical features of some fairly rigorous teaching in the two streams; despite its equivalent rigor, the teaching in the two streams is quite different, as one would expect.

So far as one can tell from the program features, Klopfer's distinctive sense of scientific literacy resembles a combination of four of my curriculum emphases: Everyday Coping; Science, Technology and Decisions; Self as Explainer; and Structure of Science. The Prospective Scientists program, similarly examined, seems to show four also (but a different four): Correct Explanations, Scientific Skill Development, Solid Foundation, and Structure of Science. The importance of Klopfer's use of "scientific literacy" in this way is that it enables us to envision major activities of two separate but equally legitimate teaching programs. It recalls for us the conceptual tension inherent in Fitzpatrick's original statement, and reminds us once again that different students may find different kinds of programs appropriate. Scientific literacy in its composite sense might be a thoroughly comprehensive universe from which to select curriculum emphases to suit the needs of different groups of students, but the composite sense is not too useful to a curriculum policy committee trying to think through legitimate program differentiation.

V THE MIXED BLESSINGS OF AN AGING SLOGAN

Those who favour a composite sense of scientific literacy, when speaking of the broad overall goals of school science programs, are essentially arguing that science is multifaceted and that it is important for students to be exposed to each of those facets, in some measure, in their science education. In the practical context of policy debate, however, it is probably inevitable that different speakers will have different meanings for the phrase "scientific literacy," both partially composite meanings and distinctive meanings. Any speaker can point to the science education literature on this topic, of which we see a fair sample in the present paper, and find someone who has already used "scientific literacy" in his or her selected way. Such varied use is to be expected of a fairly mature slogan, as a matter of course.

Nevertheless, the point all of us need to remember is that when different individuals attach different meanings to a phrase, they are indicating that there is something different about their values. The unfortunate legacy of the phrase "scientific literacy" is that, used by different speakers, it can mask legitimate and important differences in value preferences concerning the goals of science education.

Against that, the fortunate legacy of "scientific literacy" is that those who argue for it and do research on it frequently point out that a kind of sterility attaches to science teaching if it is oriented strictly to what I would call the Solid Foundation and Correct Explanation emphases. These authors argue that science education programs need to focus on

those facets of science which penetrate the practical affairs of individual students, citizens and nations. They seek a perspective on science which sees it as more than a *Ding an sich*, and they seek to have that perspective taught in schools, especially to the large majority of students who will never become scientists.

It is also my own position that balance is extremely important in the goals set for school science programs. The rationale for that statement lies in the equal legitimacy of the several fields of human endeavour which science touches upon, both in practical affairs and in academic fields of study. Thus, for example, the Correct Explanations, Solid Foundation and Scientific Skill Development emphases draw on the sciences themselves as parent disciplines. But Structure of Science draws on the philosophy of science; Everyday Coping draws on engineering; Science, Technology and Decisions has its roots partly in engineering, partly in various technical and practical arts, and partly in decision making, political science and practical philosophy. Again, the Self as Explainer emphasis draws on the interpretive activity that characterizes some approaches to the history and philosophy of science. What makes any one of these more appropriate than another in the school curriculum? Granted, larger doses of some emphases are more appropriate for some students (Klopfer's point). But in the main, it is difficult to avoid the conclusion that balance is important for <u>all</u> students.

Finally, I have three suggestions concerning curriculum policy debate itself, from the perspective of scientific literacy.

(1) Policy debate about aims for school science programs would do well to keep scientific literacy in the background as an ideal of balance, but air value positions by using a crisper set of terms - terms that express the different values which different senses of the phrase "scientific literacy" actually mask. (Curriculum Emphases, or Gabel's "dimensions," or Pella's "categories" - or

other equally discriminating sets of terms - would be more helpful.)

(2) There is an unfortunate tendency in the history of policy debate about science education to stage massive crusades in favour of single curriculum emphases. Such crusades have frequently taken the form "Start doing X and stop doing Y!" They represent a notoriously wasteful approach to the multifaceted deliberation process which public confidence in curriculum making requires in a democracy.

(3) The problems of implementing policy changes are bound to enter policy debates of this sort. Single-mindedness about one or two curriculum emphases is sometimes justified on the grounds of implementation difficulties or problems with the "delivery system." Textbooks, for example, usually reflect a single curriculum emphasis but are designed for an entire year of instruction. Thus a set of textbooks or science series can lock an entire elementary school program into a single emphasis. Again, teachers are frequently educated in specific emphases; these vary primarily according to the period of history when the teacher's education took place, sometimes the country or region where it occurred, etc. These are very real considerations for a policy committee. But the challenge of implementation and the challenge of setting defensible goals need to be kept separate. The former is strictly a professional responsibility, while the latter is both a professional and a public matter.

The blessings of the aging slogan "scientific literacy" are indeed mixed. Nevertheless, with care a curriculum policy committee can capitalize on the best features of a significant strain of thought in the history of science education and can translate those features into an educational legacy that will stand proudly. Armed with an overall goals

concept of scientific literacy, and giving attention to its several facets, a committee can take on the challenges of the five discussion papers with which the present paper began, and can do all of them justice.

NOTES

I. Introduction

1. James E. Page, A Canadian Context for Science Education, Science Council of Canada, Ottawa, October 1979.

2. Glen S. Aikenhead, Science in Social Issues: Implications for Teaching, Science Council of Canada, Ottawa, December 1980.

3. Donald A. George, An Engineer's View of Science Education, Science Council of Canada, Ottawa, June 1981.

4. Hugh Munby, What is Scientific Thinking?, Science Council of Canada, Ottawa, March 1982.

5. Marcel Risi, Macroscole: A Holistic Approach to Science Teaching, Science Council of Canada, October 1982.

II. Curriculum Emphases: Objects of Choice

1. While this instance is hypothetical, a real example showing very similar distinctions appears in G. Orpwood and D. Roberts, "Curriculum Emphases in Science Education III: The Analysis of Textbooks," The Crucible, vol. 11, May 1980, pp. 36-39.

2. For more elaboration, see Douglas A. Roberts, "Developing the Concept of 'Curriculum Emphases' in Science Education," Science Education, vol. 66, no. 2, 1982, pp. 243-260.

3. James E. Page, op. cit.

4. See E.D. Hobbs and Gaalen L. Erickson, "Results of the 1978 British Columbia Science Assessment," Canadian Journal of Education, vol. 5, no. 4, 1980, pp. 63-80.

5. A set of alternative teacher's manuals showing how the same science unit can reveal three different curriculum emphases has been developed. See

Douglas A. Roberts and Graham W.F. Orpwood, Properties of Matter: A Teacher's Guide to Alternative Versions, OISE Press, Toronto, 1979.

III. Scientific Literacy: First the Slogan

1. In Israel Scheffler, The Language of Education, Charles C. Thomas, Springfield, Illinois, 1965.

2. B. Paul Komisar and James E. McClellan, "The Logic of Slogans," in Language and Concepts in Education, ed. B. Othanel Smith and Robert H. Ennis, Rand McNally and Company, Chicago, 1961, pp. 195-214.

3. Scheffler, op. cit, p. 36.

4. Ibid.

5. Frederick L. Fitzpatrick, ed., Policies for Science Education, Teachers College, Columbia University, New York, 1960.

6. Ibid., p. 6.

7. Ibid., p. 18.

8. Ibid., p. 169.

9. Komisar and McClellan, op. cit., p. 200.

10. Ibid., pp. 201-202.

11. Paul DeHart Hurd, "Science Literacy: Its Meaning for American Schools," Educational Leadership, vol. 16, no. 1, 1958, pp. 13-16 and 52.

12. Alan T. Waterman, "National Science Foundation: A Ten-Year Resumé," Science, vol. 131, no. 3410, 6 May 1960, pp. 1341-1354 (specifically p. 1349).

IV. The Many Faces of Scientific Literacy

1. Paul DeHart Hurd, New Directions in Teaching Secondary School Science, Rand McNally and Company, Chicago, 1969.

2. Ibid., pp. 108-109.

3. Lawrence Lee Gabel, "The Development of a Model to Determine Perceptions of Scientific Literacy," PhD Thesis, The Ohio State University, Columbus, Ohio, 1976.

4. Benjamin S. Bloom, ed., Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, Handbook 1: Cognitive Domain, David McKay Co., Inc., New York, 1956.

5. David R. Krathwohl, Bejamin S. Bloom and Bertram B. Masia, Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, Handbook II. Affective Domain, David McKay Co., Inc., 1964.

6. Gabel, op. cit., p. 92.

7. William R. Ogden, "Secondary School Chemistry Teaching, 1918-1972: Objectives as Stated in Periodical Literature," Journal of Research in Science Teaching, vol. 12, no. 3, 1975, pp. 235-246.

8. William R. Ogden and Janis L. Jackson, "Secondary School Biology Teaching, 1918-1972: Objectives as Stated in Periodical Literature," Science Education, vol. 62, no. 3, 1978, pp. 291-302.

9. Nelson B. Henry, ed., Rethinking Science Education: The 59th Yearbook of the National Society for the Study of Education, Part 1, The University of Chicago Press, Chicago, 1960.

10. Herbert S. Bailey, Jr., "How to Be Literate in a Scientific Age," The Saturday Review, vol. 40, May 4, 1957, pp. 13-15.

11. The following list is not intended to be exhaustive, but does illustrate that there was considerable activity.

(a) John Behnke, "Scientific Literacy," AIBS Newsletter, vol. 10, no. 2, 1960, pp. 21-22.
(b) Hubert Evans, "Toward Scientific Literacy," Teachers College Record, vol. 64, no. 1, 1962, pp. 74-79.
(c) Philip G. Johnson, "The Goals of Science Education," Theory into Practice, vol. 1, no. 5, 1962, pp. 239-244.
(d) Polykarp Kusch, "Educating for Scientific Literacy in Physics," School and Society, vol. 88, no. 2173, 1960, pp. 198-201.
(e) Morris Shamos, "The Price of Scientific Literacy," National Association of Secondary School Principals Bulletin, vol. 47, no. 282, 1963, pp. 41-51.
(f) Warren Weaver, "Science for Everybody," Saturday Review, vol. 45, 7 July 1962, pp. 45-46.
(g) Alma S. Wittlin, "Scientific Literacy Begins in the Elementary School," Science Education, vol. 47, no. 4, 1963, pp. 331-342.

12. Robert H. Carleton, "On Scientific Literacy," NEA Journal, vol. 52, April 1963, pp. 33-35 and 57. Some other items of possible interest during 1963-1966 are these:

(a) Nancy Barrett Hamilton, "The Scientific Literacy of Seniors in Urban, Suburban, and Rural High Schools in Kentucky," PhD Thesis, The Ohio State University, Columbus, Ohio, 1965.
(b) Richard E. Haney, The Changing Curriculum: Science, Association for Supervision and Curriculum Development (NEA), Washington, DC, 1966.

(c) Lloyd K. Johnson et al., Research in the Teaching of Science, 1965, US Department of Health, Education and Welfare Bulletin, 1965, no. 10, Washington DC (Supt. of Documents no. FS 5.229:29000-61), esp. pp. 142-145.
(d) Merritt E. Kimball, "Opinions of Scientists and Science Teachers about Science," PhD Thesis, Stanford University, Palo Alto, California, 1965.

13. The following are pertinent:

(a) Lazer Goldberg, "The Science Vocabulary in The New York Times and in Political Materials in 1960," EdD Thesis, Columbia University, New York, 1966.
(b) Charles L. Koelsche and Ashley G. Morgan, "Scientific Literacy in the Sixties," University of Georgia Printing Office, Athens, Georgia, 1964, (ERIC accession no. ED 011 843).
(c) Roger L. Wood, Milton O. Pella, and George T. O'Hearn, "Scientifically and/or Technologically Oriented Articles in Selected Newspapers," Journal of Research in Science Teaching, vol. 5, no. 2, 1967-68, pp. 151-153.

14. Milton O. Pella, George T. O'Hearn and Calvin W. Gale, "Referents to Scientific Literacy," Journal of Research in Science Teaching, vol. 4, no. 3, 1966, pp. 199-208.

15. Ibid., p. 206.

16. Michael L. Agin, "Education for Scientific Literacy: A Conceptual Frame of Reference and Some Applications," Science Education, vol. 58, no. 3, 1974, pp. 403-415 (specifically p. 405).

17. Again, this is not intended to be an exhaustive list, but is indicative of the activity of the period 1966-1974.

(a) Ted F. Andrews, "Science Education for the Non-Scientist," Educational Technology, vol. 10, no. 1, 1970, pp. 29-32.
(b) L.C. Comber and John P. Keeves, Science Education in Nineteen Countries, John Wiley & Sons, New York, 1973.
(c) Donald R. Daugs, "Scientific Literacy - Re-examined," The Science Teacher, vol. 37, no. 8, 1970, pp. 10-11.
(d) Thomas P. Evans, "Scientific Literacy: Whose Responsibility?", American Biology Teacher, vol. 32, no. 8, 1970, pp. 80-84.
(e) William Jaffarian, "An Evaluation of the Relative Levels of Scientific Literacy Possessed by Twelfth Grade Students in Wisconsin," PhD Thesis, The University of Wisconsin, Madison, 1968.
(f) Haskell Jones, "The Development of Certain Aspects of Scientific Literacy in College Freshmen Physical Science Students," PhD Thesis, The Ohio State University, Columbus, Ohio, 1969.

(g) John B. Leake and Charles O. Hinerman, "Scientific Literacy and School Characteristics," School Science and Mathematics, vol. 73, no. 9, 1973, pp. 772-782.
(h) Jerry P. Lightner, "Comment: The Cancer of Ignorance," Journal of Biological Education, vol. 8, October 1974, pp. 247-248.
(i) W.T. Lippincott, "Editorially Speaking: The Citizen's Science," Journal of Chemical Education, vol. 48, December 1971, p. 781.
(j) Peter Mason, "Speaking Scientific," Australian Science Teachers' Journal, vol. 17, October 1971, pp. 39-42.
(k) National Science Teachers Association, Committee on Curriculum Studies, "School Science Education for the 70's," The Science Teacher, vol. 38, no. 8, 1971, pp. 46-51.
(l) George T. O'Hearn, "Environmental Education: The New Scientific Literacy," National Association of Secondary School Principals Bulletin, vol. 56, no. 360, 1972, pp. 21-27.
(m) Milton O. Pella, "Scientific Literacy and the High School Curriculum," School Science and Mathematics, vol. 67, no. 4, 1967, pp. 346-357.
(n) Victor Showalter, "What Is Unified Science Education?: (Part 5) Program Objectives and Scientific Literacy," Prism II, Center for Unified Science Education, Columbus, Ohio, 1974.
(o) Norman F. Smith, "The Challenge of Scientific Literacy," The Science Teacher, vol. 41, September 1974, pp. 34-35.
(p) Manfield Stanley, "Literacy: The Crises of a Conventional Wisdom," School Review, vol. 80, no. 3, 1972, pp. 373-408.
(q) Henry A. Teterin, "Scientific Literacy - Some Aspects of UNESCO'S Programme," Out-of-School Scientific and Technical Education, vol. 1, 1971, pp. 3-5.
(r) Thomas M. Weiss, "The Spirit of Science," Science Education, vol. 53, no. 4, 1969, pp. 365-367.

18. A few of the interesting pieces published after 1974 are the following:

(a) John R. Jungk, "Bio-Logical Dissection of Rhetorica flora," American Biology Teacher, vol. 39, no. 3, 1977, pp. 142-147 and 154.
(b) Marcel C. LaFollette, "Conference Report: Humanistic Science Education in Japan and the United States," Science, Technology, and Human Values, vol. 4, no. 28, summer 1979, pp. 36-40 (ERIC accession no. ED 174 444).
(c) Peter A. Rubba and Hans O. Andersen, "Development of an Instrument to Assess Secondary School Students' Understanding of the Nature of Scientific Knowedge," Science Education, vol. 62, no. 4, 1978, pp. 449-458.
(d) John R. Tarp, "Toward Scientific Literacy for ALL our Students," The Science Teacher, vol. 45, no. 9, 1978, pp. 38-39.

19. Leopold E. Klopfer, "Scientific Literacy Reexamined," Science Education, vol. 60, no. 1, 1976, p. 95.

20. Milton O. Pella, "The Place or Function of Science for a Literate Citizenry," Science Education, vol. 60, no. 1, 1976, pp. 97-101.

21. George T. O'Hearn, "Science Literacy and Alternative Futures," Science Education, vol. 60, no. 1, 1976, pp. 103-114.

22. Christopher Dede, "Examining a Model for Teaching Scientific Literacy through Interdisciplinary Courses Focussed on Science-Related Issues," University of Houston at Clear Lake, Texas, 1976 (ERIC accession no. ED 123 129).

23. National Assessment of Educational Progress, "Science Achievement in the Schools: A Summary of Results from the 1976-77 National Assessment of Science," Education Commission of the States Science Report no. 08-S-01, December 1978, p. 1 (ERIC accession no. ED 164 337).

24. Robert Karplus, "The Science Curriculum Improvement Study," Journal of Research in Science Teaching, vol. 2, 1964, p. 293.

25. Ibid., p. 296.

26. An interesting reflective piece by Karplus, some years later, is "Science for Young Pupils," Prospects, vol. 8, no. 1, 1978, pp. 48-57.

27. Jane B. Bowyer and Marcia C. Linn, "Effectiveness of the Science Curriculum Improvement Study in Teaching Scientific Literacy," Journal of Research in Science Teaching, vol. 15, no. 3, 1978, pp. 209-219.

28. Ibid., p. 209.

29. Leopold E. Klopfer, "Science Education in 1991," School Review, vol. 77, nos. 3-4, 1969, pp. 199-217. Klopfer comments interestingly on scientific literacy in "Evaluation of Learning in Science," in B. Bloom, J.T. Hastings and G.F. Madaus, Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning, McGraw-Hill Book Co., Toronto, 1971, pp. 559-642.

30. Ibid., p. 201.

31. Ibid., pp. 203-204.

PUBLICATIONS OF THE SCIENCE AND EDUCATION COMMITTEE

Discussion Papers

A Canadian Context for Science Education
by James E. Page (October 1979)

Science in Social Issues: Implications for Teaching
by Glen S. Aikenhead (December 1980)

An Engineer's View of Science Education
by Donald A. George (July 1981)

What is Scientific Thinking?
by Hugh Munby (March 1982)

Macroscole: A Holistic Approach to Science Teaching
by Marcel Risi (October 1982)

Scientific Literacy: Towards Balance in Setting Goals for School Science Programs
by Douglas A. Roberts (April 1983)

Proceedings

Québec Science Education: Which Directions?
(October 1981)

Who Turns the Wheel?
(January 1982)

Other Publications

Bulletin of the Science Education Study
(nos. 1-5)

The Science Education of Women in Canada: A Statement of Concern
(January 1982)

LA CULTURE SCIENTIFIQUE

Vers l'équilibre dans le choix d'objectifs pour l'enseignement des sciences à l'école

Exposé à débattre
par Douglas A. Roberts

Juin 1983

Les exposés à débattre sont des documents de travail que le Conseil des sciences du Canada met à la disposition des personnes ou groupes intéressés, en quantité limitée, pour connaître leurs réactions.

Les vues exprimées dans le présent Exposé sont celles de l'auteur; elles ne reflètent pas nécessairement l'opinion du Conseil des sciences du Canada.

Vous pouvez vous procurer gratuitement des exemplaires de:

LA CULTURE SCIENTIFIQUE
Vers l'équilibre dans le choix d'objectifs pour l'enseignement des sciences à l'école

auprès du:

Service des publications
Conseil des sciences du Canada
100, rue Metcalfe
Ottawa, Ont. K1P 5M1

Copies of
Scientific Literacy: Towards Balance in Setting Goals for School Science Programs
are also available free of charge

© Ministre d'Approvisionnements et Services Canada, 1983

n° de catalogue SS21-5/1983-2F
ISBN 0-662-92066-X

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos 5

I. INTRODUCTION 7

II. LE CHOIX DES LIGNES DE FORCE DES PROGRAMMES D'ENSEIGNEMENT 10

"Pourquoi faut-il étudier ces affaires-là?" 10
Sept lignes de force pour l'enseignement des sciences 11
Comment les lignes de force sont-elles introduites dans les programmes d'études? 14

III. LA CULTURE SCIENTIFIQUE: D'ABORD LE MOT D'ORDRE 16

Culture scientifique et main-d'oeuvre nationale aux États-Unis 16
La logique des mots d'ordre pédagogiques 18

IV. LES NOMBREUSES FACETTES DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE 21

Le sens polyvalent de la culture scientifique 22
Observations sur le sens polyvalent de la culture scientifique 24
Deux sens différents de la culture scientifique 30

V. LE POUR ET LE CONTRE D'UN MOT D'ORDRE VIEILLISSANT 35

Bibliographie et notes 39

Publications du Comité de l'enseignement des sciences 45

AVANT-PROPOS

Le présent document constitue le sixième exposé à débattre d'une série rédigée pour les besoins de l'Étude sur l'enseignement des sciences au Canada, réalisée sous les auspices du Conseil des sciences, et sous la supervision de son Comité de l'enseignement des sciences. Cette Étude, entreprise au printemps de 1980, vise trois grands objectifs:

- établir une base de données concernant les objectifs actuels et les caractéristiques générales de l'enseignement des sciences dans les établissements canadiens;
- faire une analyse historique de l'enseignement des sciences au pays;
- encourager le débat concernant l'orientation à donner à cet enseignement.

Comme le suggère l'énoncé de ce troisième objectif, le Conseil des sciences ne s'est pas encore formé une opinion au sujet de cette réorientation, mais il cherche à le faire en demandant l'opinion des divers responsables. Il espère que ces vues, présentées dans des documents de travail et diffusées le plus largement possible, inciteront les enseignants des sciences et autres responsables à reconsidérer leurs objectifs et leurs méthodes. En participant à cet effort de réflexion et en analysant systématiquement les lignes de conduite et les façons de procéder suivies actuellement et par le passé, le Conseil des sciences souhaite arriver à une juste appréhension de la situation et des besoins de l'enseignement des sciences au Canada, et être ainsi en mesure de formuler des recommandations utiles.

Chacun des documents précédemment publiés dans cette série a envisagé un aspect de la "personne instruite" et, dans ce cadre, a décrit les objectifs que l'enseignement des sciences devrait s'efforcer d'atteindre. En citant les lacunes qu'ils avaient observées, les auteurs ont critiqué les lignes de pensée et les méthodes actuelles de l'enseignement des sciences. Par exemple, J.E. Page a mis en relief l'absence de contexte canadien de cet enseignement; Glen Aikenhead a souligné que les sciences devraient être enseignées de façon à montrer leur pertinence à l'égard des questions sociales; Donald A. George a souligné le manque d'attention accordée aux compétences techniques de l'ingénieur; Hugh Munby a mis en évidence la dépendance intellectuelle de l'élève à l'égard du professeur et du manuel; et Marcel Risi a mis l'accent sur la nécessité d'enseigner les sciences autrement que comme s'il s'agissait simplement d'une accumulation de connaissances.

Le présent Exposé suit une approche entièrement différente et demande comment remédier à ces lacunes dans le cadre réel d'un programme d'enseignement des sciences. M. Douglas A. Roberts, qui est d'autre part membre du Comité de l'enseignement des sciences, envisage le concept de "culture scientifique" comme une répartition équilibrée des efforts entre des objectifs divers, et opposés, d'enseignement des sciences et d'acquisition de la formation scientifique.

Il convient de souligner que les vues exprimées dans le présent Exposé sont celles de l'auteur, et qu'elles ne correspondent pas forcément à celles du Conseil des sciences ou du Comité de l'enseignement des sciences. Le Conseil estime toutefois que l'auteur a présenté une thèse bien étayée, et que sa diffusion contribuera aux progrès de l'Étude en cours et de l'enseignement des sciences au Canada.

James M. Gilmour,
Directeur de la recherche,
Conseil des sciences du Canada

I INTRODUCTION

Au cours des deux dernières années, les responsables de l'Étude sur l'enseignement des sciences, effectuée par le Conseil des sciences du Canada, ont publié cinq Exposés à débattre pour discuter des objectifs des programmes d'enseignement des sciences dans les provinces et territoires canadiens. Les auteurs ont invoqué des raisons convaincantes pour réorienter ces programmes dans cinq directions différentes, à savoir:

- le contenu doit être plus canadien (Page[1]);
- plus d'attention doit être accordée aux perspectives scientifiques et sociales (Aikenhead[2]);
- plus d'applications pratiques et techniques sont nécessaires (George[3]);
- les élèves doivent comprendre suffisamment bien la pensée scientifique pour qu'ils puissent l'évaluer en faisant preuve d'indépendance intellectuelle (Munby[4]);
- une plus grande attention doit être accordée aux applications systémiques et créatives des sciences pour résoudre les problèmes (Risi[5]).

Ces arguments peuvent paraître contradictoires aux yeux des enseignants ou spécialistes des programmes d'études, mais ils n'en sont pas moins empreints de logique. En pratique, dans le domaine de l'élaboration des programmes d'études et d'enseignement des sciences, peut-on tenir compte de ces questions importantes? Et si oui, comment?

Dans ce document, je poursuis deux objectifs. Le premier est d'examiner un objectif global pour les programmes d'enseignement des sciences couramment désigné sous l'expression "culture scientifique", laquelle est devenue en pratique une façon de formuler de façon équilibrée les nombreux buts légitimes et concurrentiels de l'enseignement des sciences à l'école. Le second consiste à faire valoir un tel équilibre lors de la formulation et du choix des objectifs de l'enseignement des sciences. Pour atteindre ces deux objectifs, le présent document s'appuie sur quatre considérations importantes.

1) Il est impossible d'enseigner une matière scientifique sans viser en même temps un but du programme d'études: en d'autres termes, le contenu que l'élève étudie, par exemple la théorie de la cinétique moléculaire, ne correspond qu'à une partie du programme. Le "pourquoi" de l'étude (p. ex., pour comprendre comment en science on élabore des modèles pour expliquer des phénomènes naturels), que l'élève apprend également, constitue l'autre partie. Cette deuxième partie, que l'on peut appeler la "ligne de force" de tout programme d'enseignement des sciences, est la partie qui diffère dans les cinq exposés à débattre cités précédemment. Le contenu de la matière scientifique n'est pas nécessairement en cause.

2) Sept lignes de force différentes peuvent être décelées dans l'histoire de l'enseignement des sciences en Amérique du Nord. Chacune d'elles donne une réponse à la question "Pourquoi les élèves doivent-ils étudier les sciences?". Répondre à cette question est un processus de délibération d'ordre social et politique. Logiquement, la réponse sera différente pour des élèves divers et pour différentes régions d'un pays comme le Canada. Il n'existe aucune réponse "scientifique", "théorique" ou "exacte" à la question, mais une réponse pourra être la meilleure ou la plus plausible pour une situation particulière quelconque.

3) L'expression "culture scientifique" est souvent utilisée pour désigner l'étendue des objectifs d'un programme de sciences et, par conséquent, l'équilibre entre les nombreuses lignes de force concurrentielles du

programme d'étude. Toutefois, cette expression n'a pas pris naissance de cette façon. Elle a donc conservé certaines nuances différentes acquises au cours de l'évolution de son utilisation dans le milieu de l'enseignement.

4) Chacune des sept lignes de force du programme d'études scientifiques, tout comme chacun des cinq Exposés à débattre, repose sur une base raisonnable. Aucun n'est supérieur en soi aux autres. Par conséquent, tout élève devrait être exposé à un moment donné à toutes les lignes de force possibles, même si une accentuation de certaines lignes de force convient mieux à certains d'entre eux.

II LE CHOIX DES LIGNES DE FORCE DES PROGRAMMES D'ENSEIGNEMENT

"Pourquoi faut-il étudier ces affaires-là?"

Les professeurs de sciences ont souvent des difficultés pour répondre de façon satisfaisante à cette question que leur posent les élèves. Pourtant, ceux-ci la posent et nous rappellent ainsi que l'enseignement comprend deux éléments: le contenu et le but. Pour illustrer ce point et son importance, utilisons cet outil pédagogique ancien et vénérable, le manuel scolaire.

Considérons deux manuels de sciences destinés aux élèves de 9^{e} année et qui traitent de la chaleur. Les deux manuels portent sur des principes de base qui résument la compréhension et les explications scientifiques des phénomènes thermiques, soit, par exemple, des questions courantes comme les trois modes de propagation de la chaleur, les éléments fondamentaux de la théorie cinétique et la différence entre chaleur et température. Pourtant, l'un des manuels présente le sujet dans le cadre d'une série d'applications techniques utilisées tous les jours, comme les phénomènes des courants de convection dans des appareils de chauffage à eau chaude et l'expansion différentielle des bilames utilisées dans les thermostats, tandis que l'autre manuel explique le même sujet en montrant que la vieille théorie du fluide calorique a été remplacée par la théorie cinétique au cours des progrès de la physique. Dans le premier manuel, l'élève apprend que l'étude des sciences a pour but de nous rendre capables de comprendre le fonctionnement de dispositifs courants utilisés tous les jours. Le deuxième manuel explique à l'élève qu'on étudie les sciences pour comprendre la démarche scientifique elle-même[1].

Toutes les fois que deux manuels traitent du même sujet, mais de points de vue différents, on peut être sûr que c'est la ligne de force du programme d'étude (ou le but que se fixe le programme) qui en est responsable. Il en est de même de l'enseignement, des directives pédagogiques et du matériel didactique. Le contenu et le but, par la nature même de l'enseignement, sont toujours présents. (Il faut noter que les manuels de sciences qui semblent ne présenter rien d'autre que du contenu communiquent également à l'élève un message sur le but, soit l'étude "du sujet" pour lui même).

À l'heure actuelle, les cinq exposés publiés par les responsables de l'Étude sur l'enseignement des sciences visent cinq buts différents reliés à cet enseignement. Chaque auteur soutient, et de façon convaincante selon moi, qu'une attention appropriée au but particulier qu'il vise constitue une partie importante du programme d'enseignement des sciences. Quelques-uns des auteurs, en effet, affirment que le but dont ils traitent est complètement laissé de côté dans les programmes d'enseignement des sciences des écoles canadiennes. Comment des buts différents pour étudier les sciences sont-ils inclus ou exclus des programmes d'enseignement des sciences?

Sept lignes de force pour l'enseignement des sciences

Le but qui incite un élève à étudier les sciences ou toute autre matière peut être appelé sans inconvénient la ligne de force du programme d'étude, ou partie du programme, que l'on examine. On trouve sept de ces orientations dans l'histoire de l'enseignement des sciences dans les écoles élémentaires et secondaires d'Amérique du Nord. Leurs noms évoquent leur signification; néanmoins, pour plus de clarté, nous avons fait quelques remarques en regard de chacune[2].

Le souci de la pertinence pour le quotidien oriente l'enseignement des sciences vers l'application à des objets et à des phénomènes d'une importance assez évidente pour l'élève. Par exemple, les sujets de biologie peuvent être organisés et enseignés de façon à ce que l'élève les étudie

pour comprendre le fonctionnement du corps humain et les soins appropriés qu'il requiert. En chimie, les sujets peuvent être enseignés dans l'optique de faire comprendre certains phénomènes chimiques courants que l'on peut observer à la maison, dans l'utilisation de l'automobile et dans l'industrie. En physique, l'enseignement peut être orienté de façon à montrer comment divers appareils ménagers ordinaires comme le téléphone, le grille-pain ou le fer à repasser électrique fonctionnent et peuvent être entretenus.

L'accent sur la structure de la science oriente l'enseignement de telle façon que l'élève en arrive à comprendre comment les sciences fonctionnent en tant qu'entreprise intellectuelle. On trouve dans cette catégorie des sujets comme le rapport entre la preuve et la théorie, la pertinence d'un modèle donné pour expliquer les phénomènes que l'on observe, les traits autocorrecteurs du développement des connaissances scientifiques et les caractéristiques de sa production. Il s'agit d'une ligne de force courante utilisée dans l'enseignement des sciences à l'échelle mondiale en ce moment.

Une orientation d'une ligne de force vers les sciences, la technologie et les décisions attire l'attention sur les limites de la science, mais également sur ses points forts, dans la résolution des questions pratiques qui se posent quotidiennement. La science se distingue de la technologie, tout comme l'élaboration des connaissances se différencie de leur application génératrice d'efficacité au travail ou d'économie d'un effort manuel. Le caractère pratique des décisions d'utilisation ou non d'une technique particulière, comme la construction de centrales nucléaires, est typique de cette orientation.

Une orientation vers l'acquisition d'habiletés scientifiques fait que les matières scientifiques sont enseignées pour acquérir des aptitudes théoriques et pratiques perfectionnées comme l'observation, la mesure, l'expérimentation et la formulation d'hypothèses, etc. Ces habiletés représentent une orientation vers les moyens utilisés dans la démarche scientifique.

L'orientation vers les bonnes réponses est fortement axée sur les fins de l'investigation scientifique plutôt que sur les moyens. Cette orientation bien connue de toute personne qui enseigne les sciences peut se résumer à "Apprends d'abord, demandes pourquoi plus tard". (Il s'agit d'une orientation qui ne prévoit aucune communication explicite indiquant à l'élève dans quel but il étudie les sciences. Le message transmis l'est par omission et serait: "Apprends-le, parce que c'est correct").

La ligne de force de l'explication par soi-même est axée sur les similitudes entre le processus d'explication par l'élève lui-même, qui s'inscrit dans son contexte culturel, et le même processus chez les scientifiques, dans leur propre cadre conceptuel. Ainsi, le développement des idées scientifiques se présente comme une fonction de la condition humaine, et il n'y a qu'un petit pas à franchir alors pour considérer d'autres modes d'explications (comme la religion et la magie) et pour voir que ces démarches répondent à un but humain différent. (À ce propos, c'est dans le cadre de cette ligne de force que les problèmes scolaires compliqués soulevés par la controverse création-évolution peuvent être étudiés et traités avec le plus de profit).

La ligne de force représentée par l'acquisition de bases solides répond directement à l'élève qui se demande pourquoi apprendre "ces affaires-là": c'est pour être prêt à étudier les "affaires" qui seront enseignées l'année suivante. D'une certaine façon, il s'agit d'une ligne de force rassurante: elle montre à l'élève qu'il apprend quelque chose qui s'inscrit dans une structure pensée et planifiée. Il est bien connu qu'elle invite les enseignants du niveau secondaire à indiquer aux enseignants du niveau élémentaire le programme qu'ils doivent suivre, et les professeurs du niveau universitaire à indiquer à ceux du niveau secondaire ce qu'ils doivent enseigner, les professeurs de troisième cycle à dire aux professeurs de premier cycle ce qu'ils doivent enseigner, etc. (Il s'agit d'une autre ligne de force dont le message est transmis par omission).

Est-ce que "la culture scientifique" est une ligne de force pour l'enseignement des sciences? Non. Les sept lignes énumérées ci-dessus sont relativement distinctes, mais la culture scientifique peut être définie de diverses façons. Par exemple, dans certains cas courants au Canada, nous relevons les divergences suivantes: selon Page, la culture scientifique représente une orientation de type science, technologie et décisions, les exemples étant tirés en grande partie du contexte canadien[3]. Pourtant, la définition du programme d'Évaluation de l'enseignement des sciences de la Colombie-Britannique* considère la culture scientifique comme une orientation de type structure de la science[4], et le guide pédagogique de Terre-Neuve de 1978 pour les sciences au niveau élémentaire propose un mélange de différentes parties des trois orientations (bases solides, acquisition d'habiletés scientifiques et pertinence pour le quotidien). De la même façon, l'imposante masse de documents d'information publiés dans le domaine de l'enseignement des sciences montre que différents auteurs définissent la culture scientifique comme des combinaisons différentes de l'ensemble ou des parties des lignes de force que nous venons de décrire.

Comment les lignes de force sont-elles introduites dans les programmes d'études?

Les lignes de force du programme d'étude sont tour à tour à la mode puis démodées. Des facteurs économiques, culturels et nationalistes sont parmi ceux qui déterminent les orientations du programme d'enseignement des sciences à l'école, à un moment donné. Les lignes de force sont alors choisies, et le processus par lequel la sélection s'effectue est de nature politique. Il n'y a donc pas de "bonnes" ni de "mauvaises" lignes de force. Chacune d'elles fait l'objet d'un choix légitime.

Voici un autre point intéressant à propos du choix des politiques relatives aux orientations du programmes d'études. Une ligne de force particulière ne régit pas nécessairement l'orientation de l'enseignement

---

* BC Science Assessment.

des sciences pour toute la durée des études d'un élève, ou même pour toute une année scolaire. Techniquement, il est possible d'actualiser une ligne de force dans l'apprentissage pendant une période d'environ cinq à six semaines d'enseignement scientifique, soit pendant approximativement un module du programme. En effet, il faut un minimum de temps pour qu'une ligne de force puisse être développée, mais un programme scolaire donné pour une année pourrait comprendre plusieurs lignes de force se succédant (bien que successivement par définition)[5].

III LA CULTURE SCIENTIFIQUE: D'ABORD LE MOT D'ORDRE

De nombreux spécialistes, lorsqu'ils discutent des objectifs des programmes d'enseignement des sciences, utilisent maintenant l'expression "culture scientifique" pour désigner des énoncés d'objectifs complets, équilibrés et composites, qui couvrent toutes les orientations du programme d'études dans le domaine des sciences. En effet, pour ces personnes, la culture scientifique n'est pas un objectif restreint ou d'un type spécial, répondant à une seule ligne de force du programme d'études. Pourtant, comme nous venons de le voir dans les trois exemples d'usage canadien qui viennent d'être mentionnés, cette expression n'est pas toujours utilisée dans le même sens.

Comment en sommes-nous arrivés à cette situation? Tout à fait naturellement. Le manque de précision est une caractéristique des mots d'ordre pédagogiques qui circulent depuis un certain temps. Il vaut donc la peine d'étudier en détail l'origine de l'expression "culture scientifique", étant donné qu'elle a été créée dans le domaine de l'enseignement des sciences pour être utilisée comme mot d'ordre plutôt que comme définition.

Culture scientifique et main-d'oeuvre nationale aux États-Unis

Examinons brièvement ce que sont les mots d'ordre pédagogiques, surtout dans la mesure où ils contrastent avec les définitions pédagogiques, et étudions également un emploi récent de l'expression "scientific literacy" (culture scientifique) aux États-Unis (où il semble que cette expression ait été créée, au début des années 1950), qui souligne ses caractéristiques ressemblant à un mot d'ordre. Deux analyses des mots d'ordre nous seront

utiles, soit celle de Israel Scheffler[1] et celle de Paul Komisar et James McClellan[2].

Commençons par la définition de Scheffler: "Les mots d'ordre dans le domaine de l'enseignement constituent des symboles de ralliement des idées et des attitudes capitales des mouvements pédagogiques"[3]. Alors que les définitions pédagogiques sont utiles à la communauté pour clarifier les idées et faciliter la communication, les mots d'ordre sont utiles pour "attirer de nouveaux adhérents et offrir assurance et force aux anciens"[4]. (Il s'agit d'une fonction du langage tout à fait acceptable, bien entendu, en particulier dans les débats sur la politique).

Le contexte de l'un des premiers usages aux États-Unis (1960) de l'expression "scientific literacy" dans le volume intitulé Policies for Science Education préparé par le Science Manpower Project du Teachers College, Université de Columbia (automne 1956) est à remarquer[5]. (Une grande partie du financement de ce projet provenait d'un groupe composé de trente-six grandes industries et fondations étatsuniennes). On fait allusion à cette "culture scientifique" trois fois dans ce livre, dont deux dans le premier chapitre rédigé par le directeur de publication (Frederick Fitzpatrick, alors directeur du Département de l'enseignement des sciences au Teachers College, U. de Columbia). Commentant l'intensité des discussions de groupe portant sur le besoin d'une main-d'oeuvre scientifique et technique et sur le rôle que joue l'enseignement des sciences pour former cette main-d'oeuvre, Fitzpatrick donne l'avertissement suivant:

> "Toutefois, nous ne devons pas perdre de vue le fait qu'aucun citoyen, qu'il soit engagé ou non dans des activités scientifiques, ne peut être formé dans le sens moderne du mot s'il n'a pas compris et apprécié les sciences et leur rôle... Si la tendance de notre époque est d'être favorable à l'entreprise scientifique, y compris les programmes pédagogiques et industriels, le public doit avoir une certaine culture scientifique, au moins suffisante pour apprécier la nature générale de l'effort scientifique et ses contributions possibles à un mode de vie meilleur"6.

Fitzpatrick utilise ici l'expression "culture scientifique" comme un mot d'ordre de ralliement à une idéologie pédagogique, et non comme une définition. Son sens général est suffisamment clair, si nous ne posons pas trop de questions particulières. Le rôle de l'énoncé, cependant, est de convaincre certains qu'une trop grande attention accordée à un seul objectif des programmes d'enseignement des sciences (la production d'une main-d'oeuvre scientifique et technique) serait du gaspillage sous prétexte d'économie, puisque les contribuables doivent financer la formation et le travail de ces gens. Il est donc préférable que les citoyens soient réceptifs:

> "Si nos jeunes doivent posséder un niveau élevé de formation scientifique, ils doivent s'appliquer à l'atteindre eux-mêmes... Il faut que l'attitude du public soit telle qu'elle rende l'ignorance démodée et estimable l'acquisition des connaissances"[7].

L'auteur revient sur ce point un peu plus loin dans son ouvrage, avec une seule autre allusion à la culture scientifique dans la population en général[8].

La logique des mots d'ordre pédagogiques

Passons maintenant aux points de vue de Komisar et McClellan, et concentrons-nous sur une autre caractéristique des mots d'ordre qui mérite notre attention: leur construction logique. Parce que le mots d'ordre ressemblent très étroitement à des généralisations au niveau de leurs caractéristiques logiques, comme l'ont indiqué Komisar et McClellan, il est tout à fait naturel de s'attendre à ce qu'un mot d'ordre ait des conséquences dans une situation donnée. Dans le cas présent, on s'attendrait alors, simplement, à déduire de "la culture scientifique" les points particuliers que cet énoncé de type général devrait englober. Mais il faut remarquer, dans l'exemple mentionné ci-dessus, que Fitzpatrick n'a pas précisé ces points particuliers pour, par la suite, les résumer dans la généralisation selon laquelle: "la culture scientifique est importante". Il a plutôt simplement utilisé l'expression dans un sens suggérant plus ou moins certains points particuliers, mais de façon très générale et très vague. Poser la question

"Comment un élève possédant une culture scientifique se comporterait, penserait ou prendrait des décisions?" équivaudrait à inviter différents individus à interpréter le mot d'ordre à leur façon. Komisar et McClellan l'ont expliqué comme suit:

> "Logiquement, chercher à trouver les points particuliers résumés par un mot d'ordre est un processus tout à fait différent de celui qui consiste à trouver les conséquences particulières d'une généralisation. Entre le mot d'ordre généralisé et son application à un cas particulier, il y a place à une interprétation quelque peu arbitraire"[9].

Conformément à cette caractéristique logique, la portée des mots d'ordre doit être délibérément limitée ou interprétée:

> "Effectivement, certaines personnes ou groupes soutiennent que ce mot d'ordre signifie tel ou tel genre de programme scolaire. Telle est leur interprétation du mot d'ordre. En un sens, c'est comme s'ils établissaient des lois ou un règlement pour l'interprétation de leur mot d'ordre"[10]. (C'est l'auteur qui a souligné).

Il s'ensuit qu'il ne peut pas y avoir d'interprétation "correcte" d'un mot d'ordre, puisque la logique du passage d'un mot d'ordre à un programme n'est pas liée par les règles de déduction logique, mais est simplement guidée par un certain sens de cohérence raisonnable. Ceci est inhérent aux mots d'ordre, et ne signifie nullement que leurs interprètes ont recours à de la prestidigitation linguistique ou manquent de logique.

Nous pouvons alors considérer l'énoncé de Fitzpatrick comme un point de départ. Je ne prétends pas que Fitzpatrick a inventé ce mot d'ordre, mais seulement que la façon dont il l'a utilisé dans un document prestigieux a probablement cristallisé un sentiment déjà "dans l'air". En effet, l'expression a déjà été utilisée, par exemple, dans un document publié par Paul Hurd en 1958[11]. Encore une fois, en 1960, Alan Waterman, alors directeur de la National Science Foundation, a utilisé l'expression à peu près dans le même sens que Fitzpatrick. Waterman a fait une brève allusion à la préoccupation de la National Science Foundation à l'effet qu'il était "urgent que le niveau de culture scientifique du public en général soit haussé de

façon marquée" de telle sorte que l'ensemble des citoyens aurait "au moins une connaissance et une compréhension générales de la nature des sciences et de leurs répercussions sur la défense et le bien-être du pays", parce que "les progrès des sciences dépendent dans une large mesure de la compréhension du public et de son soutien"[12]. C'est Fitzpatrick, cependant, qui a lancé le mot d'ordre comme signe de ralliement pour une idéologie pédagogique fondée sur la culture scientifique à l'intention du public en général dans un document important portant directement sur une priorité nationale des États-Unis pour les années 1960. La logique des mots d'ordre étant ce qu'elle est, des interprétations quelque peu arbitraires accompagneront nécessairement toute tentative visant à transformer la culture scientifique en énoncés d'objectifs pour des programmes d'enseignement des sciences. Par conséquent, on doit s'attendre à trouver diverses interprétations dans les publications étatsuniennes sur l'enseignement des sciences, et ces interprétations, compte tenu de la diffusion culturelle qui fait partie de toute profession, se sont inévitablement retrouvées au Canada (et, de toute évidence, ailleurs dans le monde).

Passons maintenant à l'étude des diverses interprétations données à la culture scientifique entre 1960 et 1980.

IV LES NOMBREUSES FACETTES DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE

Presque une décennie s'est écoulée entre l'appel de ralliement de Fitzpatrick pour la culture scientifique et la parution des travaux définitifs de Paul Hurd sur les programmes d'enseignement des sciences au niveau secondaire aux États-Unis[1]. En 1969, on avait déjà beaucoup écrit au sujet de la culture scientifique, et Hurd, dans ses observations sur la situation, l'a caractérisée de la façon suivante:

> "Personne ne semble nier que l'acquisition de la culture scientifique soit un élément essentiel de la formation générale, bien que l'on ne s'entende guère sur les modalités. Une idée semble effectivement très claire: le rôle des sciences dans notre culture, et leur intégration dans presque chaque aspect de la vie et des besoins de l'homme exigent une réorganisation de l'enseignement des sciences pour établir une cohérence entre les sciences et la société. La réforme pédagogique actuelle a donné des cours qui sont limités à des disciplines scientifiques particulières, négligeant les aspects sociaux des sciences"[2].

Toute personne familière avec les cours à dénomination acronymique tel que BSCS, CHEMS, PSSC, etc., mis au point pendant cette période aux États-Unis (et largement adoptés au Canada), sait que l'observation de Hurd est fondée. Ce qui semble s'être produit, c'est que les nouveaux cours ont été élaborés d'abord pour l'ensemble de la main-d'oeuvre scientifique et technique potentielle, mais que, à très peu d'exceptions près, du moins parmi les cours de niveau secondaire, le "public en général" auquel Fitzpatrick fait allusion n'était pas très bien desservi par les efforts de réforme des cours de sciences. La culture scientifique dans sa forme initiale de mot d'ordre (une caractéristique du public en général, et non de la communauté scientifique) ne constituait pas apparemment une grande

priorité. À cause d'une lecture difficile, d'un niveau conceptuel élevé et de leur ligne de force caractéristique (à l'exception possible de certains efforts au niveau du BSCS), ces cours n'ont pas permis que l'idéologie que Fitzpatrick avait annoncée soit mise en oeuvre.

Bien sûr, le concept de la culture scientifique se prêtait à de nombreuses interprétations (comme Hurd l'a proposé). Dans la présente section, je voudrais faire comprendre l'ensemble de l'activité d'interprétation, en attirant l'attention sur son élaboration dans deux directions. Certains auteurs ont essayé de commenter la masse des interprétations en les combinant, donnant ainsi un sens polyvalent à l'expression "culture scientifique". D'autres lui ont conservé un sens particulier qui prendra une signification plus étendue lorsque les recherches en pédagogie et l'évaluation des élèves seront fondées sur celui-ci.

Le sens polyvalent de la culture scientifique

La définition polyvalente la plus détaillée de la culture scientifique que l'on trouve actuellement dans la documentation sur l'enseignement des sciences est le "modèle théorique de la culture scientifique" élaboré par Lawrence Gabel en 1976 dans sa thèse de doctorat[3]. À partir d'une base de données complète et très étendue, Gabel a recueilli des opinions interprétant la signification de la culture scientifique et a élaboré finalement un "modèle" grâce auquel toutes les opinions qu'il a recueillies pouvaient être classées en catégories. Le modèle qu'il a élaboré possède les huit "dimensions" énumérées ci-après, chacune correspondant à un aspect de l'enseignement des sciences auquel quelqu'un a fait allusion en interprétant la signification de la culture scientifique:

I. Organisation du savoir
II. Processus intellectuels
III. Valeurs et morale
IV. Démarche d'investigation
V. L'entreprise humaine
VI. Interaction des sciences et de la technologie

VII. Interaction des sciences et de la société
VIII. Interaction des sciences, de la technologie et de la société

N'oublions pas que les interprétations catégorisées par Gabel ont été proposées pour la plupart comme des formulations d'objectifs pédagogiques; il lui a donc fallu une deuxième dimension pour le "modèle". À cette fin, il a associé les six principales catégories d'objectifs cognitifs (connaissance, compréhension, application, analyse, synthèse et évaluation) extraits de la taxonomie mise au point par Bloom et ses collègues[4], aux trois principales catégories d'objectifs affectifs (valorisation, affinité et louange)[5]. Ainsi le "modèle" est une grille composée de huit catégories sur un axe et neuf dans l'autre. Gabel signale que, dans la littérature technique, il a pu trouver des entrées pour toutes les cases sauf 16 (voir la figure 1). Pour compléter la matière, Gabel a lui-même exprimé des énoncés qui ont permis de remplir les 16 cases restantes[6].

Ce qui nous frappe d'abord dans le modèle de Gabel, c'est qu'il comprend, aux termes de la définition de la culture scientifique, toutes les catégories imaginables d'objectifs en matière d'enseignement des sciences. La figure 2 a été établie pour bien visualiser le tout. Dans cette figure, les sept lignes de force du programme d'étude en matière d'enseignement des sciences, fondées sur une analyse antérieure de la pratique, sont comparées aux huit catégories de Gabel. Le lecteur se rendra compte rapidement que les catégories de Gabel ne diffèrent pas beaucoup des sept principales catégories de buts que j'ai identifiées. Pour illustrer d'avantage l'exhaustivité du "modèle" de Gabel, j'ai inclus dans la figure 2 les résultats de deux grandes études antérieures d'objectifs pour l'enseignement de la chimie et de la biologie, tels qu'ils ont été publiés de 1918 à 1972 dans la documentation professionnelle sur l'enseignement des sciences aux États-Unis. L'étude sur la chimie révèle neuf grandes catégories[7] et l'étude sur la biologie, sept[8]. Ici encore, les catégories établies par Gabel n'en diffèrent pas de façon significative.

Ainsi, il existe tellement d'interprétations de la culture scientifique que maintenant cette expression signifie presque tout ce qui a trait à l'enseignement des sciences. Du moins, chacun dispose d'une interprétation de la culture scientifique qui peut s'adapter à toutes les grandes catégories de buts et objectifs de l'enseignement des sciences déjà publiés, ou à leur combinaison.

Observations sur le sens polyvalent de la culture scientifique

Il faut interpréter l'évolution du sens polyvalent de la culture scientifique sans perdre de vue que les mots d'ordre pédagogiques a) servent de signes de ralliement pour une idéologie, et b) doivent être interprétés. En tant que mot d'ordre, la culture scientifique semble avoir des antécédents regroupables en cinq étapes conformes aux deux caractéristiques ci-dessus et qui ressemblent plus ou moins aux énoncés suivants:

1) Fitzpatrick a cristallisé une idéologie qui était déjà "dans l'air" et émis une opinion formelle à ce sujet dans un document prestigieux publié en 1960. Je dois dire que j'ai été fort surpris de ne trouver aucune mention de la culture scientifique dans un document de prestige égal, le 59^{e} Annuaire de la National Society for the Study of Education (États-Unis), intitulé Rethinking Science Education, et qui a été publié également en 1960[9]. (Toutefois, on y retrouve les mêmes sentiments). J'ai signalé que l'énoncé de Fitzpatrick était la première utilisation importante de l'expression "culture scientifique". D'autres, pour des raisons qui ne sont pas claires, ont attribué la création de cette expression à Herbert Bailey dans un document publié dans la Saturday Review de 1957[10]. Pourtant Bailey, alors directeur des Presses de l'Université Princeton, n'écrivait pas sur l'enseignement des sciences et n'a pas du tout utilisé l'expression "culture scientifique". Il a attiré l'attention sur les nombreux ouvrages publiés par les presses universitaires aux États-Unis, lesquels traitaient des sciences mais qui, selon lui, pouvaient être compris par des non-spécialistes cultivés. (Selon le directeur de publication, les presses universitaires "aident les citoyens d'une ère scientifique à demeurer cultivés": là est peut-être le rapport).

Tableau 1: Dimensions de la conception polyvalente de la culture scientifique selon Gabel (tiré de Gabel, op. cit. p. 93). (X = non trouvé dans les interprétations tirées de la littérature technique)

Dimensions de la culture scientifique	Principale catégories d'objectifs cognitifs						Principales catégories d'objectifs affectifs		
	Connaissance	Compréhension	Application	Analyse	Synthèse	Évaluation	Valorisation	Affinité	Louange
I Organisation du savoir (a) Faits (b) Généralisations (c) Disciplines				x	x	x x	x	x	
II Processus intellectuel									
III Valeurs et morale					x				
IV Démarche d'investigation			x				x	x	x
V L'entreprise humaine							x		
VI Interactions des sciences et de la technologie							x	x	x
VII Interactions des sciences et de la société								x	
VIII Interactions des sciences, de la technologie et de la société									

Tableau 2: Exhaustivité de la conception polyvalente de la culture scientifique selon Gabel

Roberts: les 7 lignes de force du programme d'étude importantes pour 1900-1982	Gabel: les 8 dimensions de la culture scientifique, 1957-1982	Ogden: les 9 principales catégories d'objectifs en chimie, 1918-1972	Ogden & Jackson: les 7 principales catégories d'objectifs en biologie, 1918-1972
I Explications exactes	I Organisation du savoir	I Sujets particuliers en chimie	I Sujets particuliers en biologie
		II Méthode scientifique de pensée (aptitude et bonne volonté)	II Méthode scientifique de pensée
		III Pratiques ou attitudes scientifiques	
II Bases solides		IV Principaux faits, principes, concepts ou notions fondamentales	III Principaux faits, principes, concepts ou notions fondamentales
		V Gestion de carrière	IV Gestion de carrière
III Structure des sciences	IV Démarche d'investigation	VI Nature des sciences et des scientifiques	
IV Acquisition d'habiletés scientifiques	II Processus intellectuel	VII Processus, habiletés et techniques d'investigation	V Processus, habiletés et techniques d'investigation
	III Valeurs et morale		VI Intérêt et acquisition d'un passe-temps
V L'explication par soi-même	V L'entreprise humaine		
VI Pertinence pour le quotidien	VI Interaction des sciences et de la vie quotidienne	VIII Application de la chimie à la vie quotidienne	VII Application de la biologie à la vie quotidienne
VII Science, technologie et décisions	VII Interaction des sciences et de la société	IX Répercussions sociologiques	
	VIII Interaction des sciences, de la technologie et de la société		

Nous pouvons appeler cette première période d'élaboration de notre mot d'ordre, soit de 1957 à 1963 environ, la période de légitimation. Pendant ce temps, des arguments ont été émis pour promouvoir les aspects de l'idéologie associés à la culture scientifique. Et, inévitablement, certaines interprétations ont été faites au sujet des répercussions du nouveau mot d'ordre pour l'élaboration des programmes[11].

2) Une période d'interprétation plus sérieuse a suivi, soit de 1963 à 1966 environ. Il n'est pas question de prétendre par là que les premières interprétations étaient superficielles, mais plutôt d'indiquer que l'intention des auteurs dans cette période semblait être différente. Rappelons-nous que l'interprétation d'un mot d'ordre comporte un choix délibéré (non une déduction logique du général au particulier) et qu'il n'existe donc aucun critère pour décider qui possède la bonne interprétation. Il faut donc s'attendre à ce qu'il y ait plusieurs significations toutes aussi légitimes l'une que l'autre. Dans le cas de la culture scientifique, Robert Carleton a certainement établi avec preuves à l'appui que les significations multiples couraient dans l'air lorsque, en 1963, il a publié sans commentaires les interprétations de douze scientifiques éminents et professeurs de sciences qui ont répondu à la question: "Qu'entendez-vous par être cultivé scientifiquement?". (Carleton était, à cette époque, secrétaire administratif de la National Science Teachers Association des États-Unis, organisme ayant des intérêts pratiques évidents au niveau de l'interprétation du mot d'ordre). Les douze interprétations sont très diverses[12].

On a même effectué certaines recherches systématiques au cours de cette période. Par exemple, une des interprétations de la culture scientifique concerne la lecture d'articles rédigés par des "non-spécialistes" au sujet des sciences dans des revues ordinaires et des journaux. Plusieurs études ont porté sur la lisibilité et le contenu de ces articles[13].

3) À mesure que les interprétations de la culture scientifique ont continué d'affluer et de se diversifier, il semble après coup inévitable

que quelqu'un ait tenté d'établir une première unification. Ce sont Milton Pella et ses confrères du Scientific Literacy Centre de l'Université du Wisconsin à Madison qui se sont penchés sur cette question. En 1966, l'ouvrage classique "Referents to Scientific Literacy" fut publié à la suite d'une analyse complexe et détaillée de la littérature technique[14]. Selon cette étude, la définition de culture scientifique serait polyvalente. Les chercheurs ont identifié l'ensemble des interprétations de cette expression, en étudiant la documentation en fonction des neuf rubriques qui étaient déjà polyvalentes, mais qui étaient également conformes aux premières connotations du mot d'ordre lui-même. Il est instructif de voir quels sont ces termes:

- la culture scientifique
- la science ou la technique et le citoyen
- les relations univoques ou réciproques entre sciences, technologie, société et problèmes sociaux
- le rapport entre sciences et technologie
- les sciences ou la technologie et la culture
- la relation entre les scientifiques et les non-scientifiques
- les sciences et le domaine public
- les sciences et la formation générale
- la révolution scientifique ou la révolution technologique.

Par un mécanisme de choix compliqué, les chercheurs ont mis en évidence 100 articles et les ont par la suite analysés pour déterminer quels étaient les auteurs utilisant l'expression "culture scientifique". Le résultat a été bien entendu une image polyvalente:

"Actuellement, la personne qui possède une formation scientifique est une personne qui comprend:
- les notions scientifiques de base
- la nature des sciences
- la déontologie qui régit le scientifique dans son travail

- les corrélations entre les sciences et la société
- les corrélations entre les sciences de la nature et les sciences humaines
- les différences entre les sciences et la technologie"[15].

Les chercheurs ont conclu que trois des six dimensions semblaient être plus importantes que les autres: les corrélations entre les sciences et la société, la déontologie des sciences, et la nature des sciences figuraient parmi les plus importantes, compte tenu du nombre de citations dans la littérature technique analysée.

4) Il s'est ensuivi une période de nouvelle interprétation, plus diverse. Huit ans après la publication des "Referents", Michael Agin a exprimé la préoccupation suivante:

> "Beaucoup de gens utilisent l'expression "culture scientifique" mais oublient de lui donner une signification adéquate; ils supposent que tous en connaissent la signification. Il faut donc une définition ou une description plus spécifique du concept pour faciliter la communication. Il faudrait établir un cadre de référence pour permettre l'uniformisation et le résumé des nombreuses définitions"[16].

Agin s'est inspiré des catégories de Pella pour rédiger son propre article: il ne peut certainement pas dire qu'il n'existe aucun "système de référence" pouvant "unifier et résumer les nombreuses définitions". Il semble plutôt préoccupé par le fait que l'uniformisation de Pella n'a pas empêché la publication d'autres interprétations. Mais, bien entendu, c'est ce que nous attendons d'un mot d'ordre et, en effet, la période de huit années (1966-1974) a été une période très active pour les individus qui ont écrit sur la culture scientifique[17]. (Comme on pouvait s'y attendre, il y a encore des articles sur ce sujet[18]). Agin a organisé un colloque sur la culture scientifique, lors du Colloque de 1975 de la National Association for Research in Science Teaching à Los Angeles[19]. L'exposé de Pella a orienté la culture scientifique dans un système général de formation[20], et O'Hearn s'est basé sur le système de Pella pour analyser "la formation future" fondée sur les sciences[21]. Dans un exposé terminé un an plus tard environ, Dede a réfléchi sur le Colloque, en particulier sur l'exposé

d'O'Hearn, dans le contexte particulier des cours universitaires sur la science et la société[22]. On a continué à formuler des interprétations, mais on a exprimé un grand intérêt (axé en particulier sur le Colloque) à l'effet que les "modèles" (je suppose qu'il s'agit de "définitions") devraient être clarifiés losqu'on parle de culture scientifique.

5) Finalement, les interprétations du mot d'ordre ont atteint un point où il n'y a presque plus rien de nouveau à dire. On pourrait déclarer que le mot d'ordre a atteint sa maturité ou, peut-être, son sens définitif. L'uniformisation de Gabel montre que, dès 1976, la culture scientifique était assimilée à presque tous les objectifs des programmes d'enseignement des sciences pour tous les élèves. En effet, nous avons retrouvé ce sens précis dans l'introduction du rapport du National Assessment of Science des États-Unis, rédigé en 1976-1977.

> "À la suite de l'expérience du National Assessment dans l'élaboration des mesures du rendement des élèves en sciences pendant les dix dernières années, et pour donner suite aux suggestions faites au cours du dernier cycle de développement, l'évaluation faite en 1976-1977 représente une mesure extrêmement complète de la culture scientifique des jeunes Américains"[23].

Ainsi la culture scientifique est devenue un concept général signifiant l'ensemble des buts de l'enseignement des sciences à l'école.

Deux sens différents de la culture scientifique

Le sens polyvalent de "culture scientifique" couvre tous les objectifs (historiquement parlant) des programmes d'enseignement des sciences à l'école, comme nous l'avons vu, et il suggère que tous ceux-ci conviennent dans une certaine mesure à tous les étudiants. Si ce mot d'ordre est parvenu à "maturité", cela ne signifie pas qu'il ait maintenant une définition uniforme partout où il est utilisé. La culture scientifique est encore un mot d'ordre, même si l'idéologie qu'il représente maintenant en est une plus globale comparée à la connotation originale non technique de Fitzpatrick. Toute définition importante de l'expression doit encore être précisée. Une analyse plus poussée de ce point sera importante dans la

conclusion du présent Exposé, mais à ce stade-ci, il est utile pour le débat de considérer deux sens distincts et bien définis de la culture scientifique, celui de Robert Karplus et celui de Leopold Klopfer.

En 1964, Karplus a formulé l'une des définitions les plus claires que nous ayons de la culture scientifique, définition qui pourrait donc être utilisée pour orienter l'élaboration des programmes et l'évaluation des élèves dans le cadre du programme S.C.I.S. (Science Curriculum Improvement Study) au niveau élémentaire. Voici sa définition.

> "Le programme SCIS ... essaie de mettre au point une stratégie d'enseignement dont l'objectif est d'augmenter la culture scientifique chez les élèves et les adultes"[24].

La culture scientifique est définie, un peu plus loin dans l'exposé, de la façon suivante:

> "En d'autres termes, pour être capable d'utiliser les renseignements obtenus par d'autres, pour profiter de la lecture de manuels et d'autres ouvrages de référence, l'individu doit avoir une formation théorique et posséder des moyens de communication qui lui permettent d'interpréter les renseignements comme s'il les avait obtenus lui-même. Je devrais appeler cette compréhension fonctionnelle des concepts scientifiques "culture scientifique". Cette compréhension devrait être le principal objectif du programme d'enseignement des sciences au niveau élémentaire"[25].

Le sens distinctif de la définition de Karplus (laquelle n'était certainement pas polyvalente) était inclus dans un programme d'enseignement, et son interprétation de la culture scientifique n'a pas été modifiée[26].

Telle est la différence entre les définitions et les mots d'ordre dans le domaine de l'enseignement. Il faut des définitions précises pour orienter la conception des outils didactiques et l'enseignement, et non des mots d'ordre. Analysons brièvement une étude importante de l'efficacité du programme S.C.I.S. indiquée par Bowyer et Linn[27]. (Il y a eu de nombreuses autres études sur le programme, bien entendu). Ayant trouvé un système scolaire qui fait appel au programme S.C.I.S. pour les six premières années

du niveau élémentaire et une population d'environ 200 élèves qui ont suivi le programme de la première à la sixième année, les chercheurs ont utilisé le sens premier de la culture scientifique inclus dans le matériel didactique et ils ont soumis les élèves à des tests, obtenant ainsi des résultats intéressants (plus particulièrement, selon le sexe). D'une façon très importante pour les buts que nous visons cependant, les chercheurs ont pris soin d'indiquer que la définition de la culture scientifique du programme S.C.I.S. "désigne la première des composantes de la définition identifiées par Pella: connaissance des concepts fondamentaux et compréhension de la nature des sciences"[28]. Les chercheurs n'ont fait aucun effort pour donner un sens polyvalent à la culture scientifique comme Pella l'a fait, et le programme qu'ils ont mis à l'essai ne l'a pas fait non plus.

Il n'aurait pas été possible de mettre au point cette orientation cohérente du développement des matériels didactiques et de recherche, à partir desquels la pratique peut être liée à des résultats plus ou moins prévisibles, sans une définition claire et précise de la culture scientifique. Tout comité de la politique des programmes d'études pourrait trouver que l'ensemble de renseignements leur montre qu'il est possible "d'améliorer la culture scientifique"; et ces "possibilités" sont des considérations importantes dans les débats sur la politique à suivre. "Utilisez ce programme et vous arriverez à tel résultat (jusqu'au niveau X), avec telle sorte d'enfants et de professeurs": tel est le genre de déclaration qu'on profère en se basant sur la recherche pédagogique. Mais c'est la culture scientifique de type Karplus qui est améliorée, et non sa forme polyvalente. Ceci est peut-être évident, mais n'importe quel mot d'ordre pédagogique est entaché de confusion, la même expression se rapportant à divers ensembles de buts pédagogiques lesquels, lorsqu'ils sont mis en oeuvre, sont différents en pratique et au niveau des résultats.

Le deuxième sens distinctif de "culture scientifique" sur lequel je désire faire quelques observations est celui que Leopold Klopfer a utilisé dans un intéressant document intitulé "Science Education in 1991"[21]. Le "dilemme fondamental" de l'enseignement des sciences sera résolu par la

répartition des élèves en groupes homogènes (système des voies), selon Klopfer. Ce dilemme est concrétisé par la distinction entre l'enseignement pré-professionnel des sciences (pour "des scientifiques, des techniciens et des physiciens") et l'enseignement des sciences pour les "90 pour 100 des travailleurs... oeuvrant dans des domaines qui ne sont pas directement liés aux sciences"[30]. Le point évoqué par Klopfer ressemble beaucoup à celui soutenu par Fitzpatrick en 1960: l'ensemble des citoyens a besoin en général d'une formation scientifique très différente de celle de l'élève destiné à une carrière professionnelle dans un domaine scientifique ou technique.

> "La caractéristique cruciale du profil d'enseignement des sciences en 1991 sera la distinction nette entre les deux voies pédagogiques aux niveaux secondaire et universitaire. L'une des voies sera conçue pour les élèves qui envisagent une carrière de scientifique, de physicien ou d'ingénieur, et pourrait être désignée sous le nom de voie des futurs scientifiques. L'autre voie sera conçue pour des élèves qui ne se dirigent pas vers des carrières scientifiques... ménagères, travailleurs spécialisés dans l'entretien, vendeurs... Ce courant pourra porter le nom de voie de la culture scientifique. La ségrégation entre les élèves... pourra commencer vers l'âge de 14 ans, lorsqu'ils choisissent leurs cours de 2e cycle du secondaire"[31].

Klopfer continue ensuite en décrivant, de façon convaincante, les caractéristiques pratiques d'un certain enseignement assez rigoureux pour les deux groupes; malgré une rigueur équivalente, l'enseignement est assez différent, comme on peut s'y attendre.

Pour autant qu'on puisse le dire d'après les caractéristiques du programme, le sens distinctif de la culture scientifique selon Klopfer ressemble à une combinaison de quatre des lignes de force définies ci-dessus: pertinence pour le quotidien, science, technologie et décisions, l'explication par soi-même et la structure des sciences. Le programme destiné aux futurs scientifiques, étudié de la même façon, semble comporter quatre lignes de force également importantes (mais différentes): bonnes réponses, acquisition d'aptitudes scientifiques, bases solides et structure des sciences. L'utilisation de la culture scientifique par Klopfer en ce sens

est importante, parce qu'elle nous permet d'envisager les principales activités de deux programmes d'enseignement distincts, mais également légitimes. Cela nous rappelle la tension conceptuelle inhérente dans la définition originale de Fitzpatrick et nous rappelle ici encore que des programmes différents conviendront à des élèves différents. La culture scientifique, dans son sens polyvalent, pourrait être un univers assez complet nous permettant de choisir des orientations importantes du programme pour répondre aux besoins de groupes d'élèves différents, mais le sens polyvalent n'est pas très utile à un comité du programme d'étude essayant de penser dans le cadre d'une différenciation légitime des programmes.

V LE POUR ET LE CONTRE D'UN MOT D'ORDRE VIEILLISSANT

Les personnes qui sont en faveur d'un sens polyvalent pour la culture scientifique, lorsqu'elles parlent des objectifs généraux des programmes d'enseignement des sciences, soutiennent essentiellement que les sciences comportent plusieurs facettes, et qu'il est important que les élèves soient exposés dans un certaine mesure à chacune de celles-ci au cours de leur formation scientifique. Dans le cadre pratique du débat politique, cependant, il est probablement inévitable que les intervenants donneront des significations différentes à l'expression "culture scientifique", tant des significations partiellement polyvalentes, que des significations distinctives. Tout intervenant peut citer à l'appui de son point de vue des documents portant sur l'enseignement des sciences, dont nous présentons un échantillon assez varié dans le présent exposé, et trouver quelqu'un qui ait déjà utilisé l'expression dans le sens qu'il lui donne. Naturellement, il faut s'attendre à cela avec un mot d'ordre aussi répandu.

Néanmoins, il faut rappeler que, lorsque divers individus attachent une signification différente à une expression, ils laissent également voir quelque chose de différent dans leur échelle des valeurs. La caractéristique malencontreuse de l'expression "culture scientifique" est que, utilisée par différents intervenants, elle peut dissimuler des différences de point de vue légitimes et importantes pour ce qui est des choix de valeurs relatifs aux objectifs de l'enseignement des sciences.

Par contre, sa richesse fait que ceux qui y croient et qui l'approfondissent indiquent souvent qu'une sorte de stérilité s'attache à l'enseigne-

ment des sciences, si celui-ci est orienté strictement vers ce que nous appelons les bases solides et les bonnes réponses. Ces auteurs soutiennent que les programmes d'enseignement des sciences doivent être liés aux aspects de la science qui touchent aux préoccupations pratiques de chaque élève, citoyen et nation. Ils recherchent une vision de la science qui ne la montre plus comme une chose en soi, et ils cherchent à promouvoir ce point de vue dans les écoles, en particulier pour la grande majorité des élèves qui ne deviendront jamais des scientifiques.

Je pense aussi qu'il est très important de répartir judicieusement les objectifs fixés pour les programmes d'enseignement des sciences à l'école. La justification de cette opinion repose sur l'égalité de la légitimité de nombreux domaines de l'entreprise humaine touchés par les sciences, tant dans le domaine pratique que dans le domaine de la recherche. Ainsi, par exemple, les lignes de force telles que les bonnes réponses, les bases solides et l'acquisition d'aptitudes scientifiques sont fondées sur les sciences elles-mêmes. Mais la structure de la science est fondée sur la philosophie des sciences; la pertinence pour le quotidien est fondée sur le génie; les lignes de force: science, technologie et décisions sont basées en partie sur le génie, en partie sur diverses techniques et pratiques et en partie sur des études décisionnelles, les sciences politiques et la philosophie pratique. En outre, la ligne de force de l'explication par soi-même est basée sur une démarche particulière d'interprétation dans l'histoire et la philosophie des sciences. Qu'est-ce qui fait que l'un de ces points importants soit plus approprié qu'un autre dans le cadre du programme d'étude scolaire? Bien entendu, certaines lignes de force conviennent mieux à certains élèves (point de vue de Klopfer). Mais, en général, il est difficile de ne pas conclure qu'un équilibre est important pour <u>tous</u> les élèves.

Finalement, je propose une conclusion en trois points pour le débat sur les lignes de pensée des programmes d'études, du point de vue de la culture scientifique:

1) Le débat sur les objectifs des programmes d'enseignement des sciences à l'école ferait bien de garder la culture scientifique à l'arrière-plan, comme un idéal d'équilibre. La mise de l'avant d'un système de valeurs devrait se faire en utilisant un ensemble de termes plus précis, qui expriment les différentes valeurs dissimulées par les différents sens actuellement attribués à l'expression "culture scientifique". (Les lignes de force du programme d'étude, dimensions de Gabel ou catégories de Pella - ou d'autres termes plus précis - seraient utiles).

2) Malheureusement, l'histoire du débat sur les lignes de pensée de l'enseignement des sciences montre une tendance à organiser des croisades en faveur d'une seule ligne de force pour le programme d'étude. De telles croisades sont souvent de type: "remplacez la méthode X par la méthode Y". Il s'agit d'une approche notoirement inutile pour alimenter un processus décisionnel comportant des aspects multiples, exigé en démocratie pour obtenir la confiance du public dans le processus d'élaboration des programmes d'études.

3) Les problèmes de mise en oeuvre de politiques différentes entrent nécessairement dans ce genre de débats. On justifie parfois un choix étroit d'une ou deux lignes de force en invoquant des difficultés de mise en oeuvre ou des problèmes au niveau du "système de distribution". Les manuels de sciences, par exemple, reflètent en général une seule ligne de force, mais ils sont conçus pour une année scolaire entière. Ainsi, un ensemble de manuels scolaires ou une série de manuels peuvent orienter tout un programme pédagogique de niveau élémentaire vers une seule ligne de force. Aussi les enseignants sont-ils souvent formés en fonction de lignes de forces particulières; celles-ci varient principalement selon la période historique de la formation de l'enseignant, le pays ou la région de ses études, etc. Il s'agit là de considérations très réelles pour un débat politique. Mais il est nécessaire de dissocier le défi de la mise en oeuvre de

celui de choix d'objectifs acceptables. Le premier est strictement une responsabilité d'ordre professionnel, alors que l'autre est à la fois une question professionnelle et une question d'intérêt public.

Le pour et le contre de la culture scientifique comme mot d'ordre vieillissant sont bien réels. Néanmoins, avec les soins nécessaires, le débat sur le programme d'étude peut tirer profit des meilleures caractéristiques d'une ligne de pensée importante dans l'histoire de l'enseignement des sciences, et traduire ces caractéristiques en une oeuvre pédagogique valable. Étant donné les objectifs globaux formant le concept de culture scientifique et l'attention portée à ses nombreuses facettes, le débat sur le programme d'études scientifiques peut relever avec succès le défi présenté par les cinq exposés à débattre, qui sont à l'origine du présent exposé, et leur rendre justice.

BIBLIOGRAPHIE ET NOTES

I. Introduction

1. James E. Page, Un contexte canadien pour l'enseignement des sciences, Exposé à débattre, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, octobre 1979.

2. Glen S. Aikenhead, L'enseignement des sciences dans une perspective sociale, Exposé à débattre, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, décembre 1980.

3. Donald A. George, L'enseignement des sciences vu par un ingénieur, Exposé à débattre, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, juin 1981.

4. Hugh Munby, Qu'est-ce que la pensée scientifique?, Exposé à débattre, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, mars 1982.

5. Marcel Risi, La macroscole ou l'enseignement systémique des sciences, Exposé à débattre, Conseil des sciences du Canada, octobre 1982.

II. Le choix des lignes de force des programmes d'enseignement

1. Quoique cette illustration soit imaginée, un exemple réel montrant une différence semblable se trouve dans: G. Orpwood et D. Roberts, "Curriculum Emphases in Science Education III: The Analysis of Textbooks", The Crucible, vol. 11, mai 1980, pp. 36-39.

2. Pour plus d'information, voir: Douglas A. Roberts, "Developing the Concept of 'Curriculum Emphases' in Science Education", Science Education, vol. 66, n° 2, 1982, pp. 243-260.

3. James E. Page, op. cit.

4. Voir E.D. Hobbs et Gaalen L. Erickson, "Results of the 1978 British Columbia Science Assessment", Revue canadienne de l'Éducation, 1908, vol. 5, n° 4, pp. 63-80.

5. Une série de manuels pédagogiques montrant comment la même unité scientifique peut présenter trois orientations pédagogiques différentes a été élaborée. Voir Douglas A. Roberts et Graham W.F. Orpwood, Properties of Matter: A Teacher's Guide to Alternative Versions, OISE Press, Toronto, 1979.

III. La culture scientifique: d'abord le mot d'ordre

1. Israel Scheffler, The Language of Education, Charles C. Thomas, Sprinfield, Illinois, 1965.

2. B. Paul Komisar et James E. McClellan, "The Logic of Slogans", in Language and Concepts in Education, ed. B. Othanel Smith and Robert H. Ennis, dir. de public. Rand McNally and Company, Chicago, 1961, pp. 195-214.

3. Scheffler, op. cit., p. 36.

4. Ibid.

5. Frederick L. Fitzpatrick, dir. de public., Policies for Science Education, Teachers College, Columbia University, New York, 1960.

6. Ibid., p. 6.

7. Ibid., p. 18.

8. Ibid., p. 169.

9. B.P. Komisar et J.E. McClellan, op. cit., p. 200.

10. Ibid., pp. 201-202.

11. Paul DeHart Hurd, "Science Literacy: Its Meaning for American Schools", Educational Leadership, vol. 16, n° 1, 1958, pp. 13-16 et 52.

12. Alan T. Waterman, "National Science Foundation: A Ten-Year Résumé", Science, vol. 131, n° 3410, 6 mai 1960, pp. 1341-1354 (particulièrement p. 1349).

IV. Les nombreuses facettes de la culture scientifique

1. Paul DeHart Hurd, New Directions in Teaching Secondary School Science, Rand McNally and Company, Chicago, 1969.

2. Ibid., pp. 108-109.

3. Lawrence Lee Gabel, "The Development of a Model to Determine Perceptions of Scientific Literacy", 1976, The Ohio State University, Columbus, Ohio.

4. Benjamin S. Bloom, dir. de publ., Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, Handbook 1., Cognitive Domain, David McKay Co. Inc., 1956.

5. David R. Krathwohl, Benjamin S. Bloom et Bertram B. Masia, Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, Handbook II. Affective domain, David McKay Co. Inc., 1964.

6. Gabel, op. cit., p. 92.

7. William R. Ogden, "Secondary School Chemistry Teaching, 1918-1972: Objectives as Stated in Periodical Literature", Journal of Research in Science Teaching, vol. 12, n° 3, 1975, pp. 235-246.

8. William R. Ogden et Janis L. Jackson, "Secondary School Biology Teaching, 1918-1972: Objectives as Stated in Periodical Literature", Science Education, vol. 62, n° 3, 1978, pp. 291-302.

9. Nelson B. Henry, dir. de publ., Rethinking Science Education: The 59th Yearbook of the National Society for the Study of Education, Part 1, The University of Chicago Press, Chicago, 1960.

10. Herbert S. Bailey Jr, "How to Be Literate in a Scientific Age", The Saturday Review, vol. 40, 4 mai 1957, pp. 13-15.

11. La liste suivante ne se veut pas exhaustive, mais elle illustre l'importante activité dans ce domaine.

a) John Behnke, "Scientific Literacy", AIBS Newsletter, vol. 10, n° 2, 1960, pp. 21-22.
b) Hubert Evans, "Toward Scientific Literacy", Teachers College Record, vol. 64, n° 1, 1962, pp. 74-79.
c) Philip G. Johnson, "The Goals of Science Education", Theory into Practice, vol. 1, n° 5, 1962, pp. 239-244.
d) Polykarp Kusch, "Educating for Scientific Literacy in Physics", School and Society, vol. 88, n° 2173, 1960, pp. 198-201.
e) Morris Shamos, "The Price of Scientific Literacy", National Association of Secondary School Principals, Bulletin, vol. 47, n° 282, 1963, pp. 41-51.
f) Warren Weaver, "Science for Everybody", Saturday Review, vol. 45, 7 juillet 1962, pp. 45-46.
g) Alma S. Wittlin, "Scientific Literacy Begins in the Elementary School", Science Education, vol. 47, n° 4, 1963, pp. 331-342.

12. Robert H. Carleton, "On Scientific Literacy", NEA Journal, vol. 52, avril 1963, pp. 33-35 et 57. Voici d'autres articles d'intérêt éventuel publiés entre 1963 et 1966:

a) Nancy Barrett Hamilton, "The Scientific Literacy of Seniors in Urban, Suburban, and Rural High Schools in Kentucky", 1965, Thèse de doctorat, The Ohio State University, Columbus, Ohio.
b) Richard E. Haney, The Changing Curriculum: Science, 1966, Association for Supervision and Curriculum (NEA), Washington, D.C.
c) Lloyd K. Johnson et coll., Research in the Teaching of Science, 1965, U.S. Department of Health, Education and Welfare Bulletin, 1965, n° 10, Washington, D.C. (Supt. of Documents no. FS5.229: 29000-61), partic. pp. 142-145.
d) Merritt E. Kimball, "Opinions of Scientists and Science Teachers about Science", 1965, Thèse de doctorat, Stanford University, Palo Alto, Californie.

13. Les documents suivants sont pertinents:

a) Lazer Goldberg, "The Science Vocabulary in The New York Times and in Political Materials in 1960", 1966, Thèse de doctorat en pédagogie, Columbia University, New York.
b) Charles L. Koelsche et Ashley G. Morgan, "Scientific Literacy in the Sixties", 1964, University of Georgia Printing Office, Athens, Georgie (ERIC Accession No. ED 011 843).
c) Roger L. Wood, Milton O. Pella et George T. O'Hearn, "Scientifically and/or Technologically Oriented Articles in Selected Newspapers", Journal of Research in Science Teaching, vol. 5, n° 2, 1967-68, pp. 151-153.

14. Milton O. Pella, George T. O'Hearn et Calvin W. Gale, "Referents to Scientific Literacy", Journal of Research in Science Teaching, vol. 4, n° 3, 1966, pp. 199-208.

15. Ibid., p. 206.

16. Michael L. Agin, "Education for Scientific Literacy: A Conceptual Frame of Reference and Some Applications", Science Education, vol. 58, n° 3, 1974, pp. 403-415 (particulièrement p. 405).

17. Ici encore, il ne s'agit pas d'une liste exhaustive; elle montre plutôt les activités de la période comprise entre 1966 et 1974.

a) Ted F. Andrews, "Science Education for the Non-Scientist", Educational Technology, vol. X, n° 1, 1970, pp. 29-32.
b) L.C. Comber et John P. Keeves, Science Education in Nineteen Countries, John Wiley & Sons, New York, New York, 1973.
c) Donald R. Daugs, "Scientific Literacy - Re-examined", The Science Teacher, vol. 37, n° 8, 1970, pp. 10-11.

d) Thomas P. Evans, "Scientific Literacy: Whose Responsibility?", American Biology Teacher, vol. 32, n° 8, 1970, pp. 80-84.
e) William Jaffarian, "An Evaluation of the Relative Levels of Scientific Literacy Possessed by Twelfth Grade Students in Wisconsin", 1968, Thèse de doctorat, The University of Wisconsin, Madison.
f) Haskell Jones, "The Development of Certain Aspects of Scientific Literacy in College Freshmen Physical Science Students", 1969, Thèse de doctorat, The Ohio State University, Columbus, Ohio.
g) John B. Leake et Charles O. Hinerman, "Scientific Literacy and School Characteristics", School Science and Mathematics, vol. 73, n° 9, 1973, pp. 772-782.
h) Jerry P. Lightner, "Comment: The Cancer of Ignorance", Journal of Biological Education, vol. 8, octobre 1974, pp. 247-248.
i) W.T. Lippincott, "Editorially Speaking: The Citizen's Science", Journal of Chemical Education, vol. 48, décembre 1971, p. 781.
j) Peter Mason, "Speaking Scientific", Australian Science Teachers Journal, vol. 17, octobre 1971, pp. 39-42.
k) National Science Teachers Association, Committee on Curriculum Studies, "School Science Education for the 70's", The Science Teacher, vol. 38, n° 8, 1971, pp. 46-51.
l) George T. O'Hearn, "Environmental Education: The New Scientific Literacy", National Association of Secondary School Principals, Bulletin, vol. 56, n° 360, 1972, pp. 21-27.
m) Milton O. Pella, "Scientific Literacy and the High School Curriculum", School Science and Mathematics, vol. 67, n° 4, 1967, pp. 346-357.
n) Victor Showalter, "What is Unified Science Education?: (Part 5) Program Objectives and Scientific Literacy", Prism II, Centre for Unified Science Education, Columbus, Ohio, 1974.
o) Norman F. Smith, "The Challenge of Scientific Literacy", The Science Teacher, vol. 41, septembre 1974, pp. 34-35.
p) Manfield Stanley, "Literacy: The Crises of a Conventional Wisdom", School Review, vol. 80, n° 3, 1972, pp. 373-408.
q) Henry A. Teterin, "Scientific Literacy - Some Aspects of UNESCO's Programme", Out-of-School Scientific and Technical Education, vol. 1, 1971, pp. 3-5.
r) Thomas M. Weiss, "The Spirit of Science", Science Education, vol. 53, n° 4, 1969, pp. 365-367.

18. Voici quelques-uns des documents intéressants publiés après 1974:

a) John R. Jungk, "Bio-Logical Dissection of Rhetorica flora", American Biology Teacher, vol. 39, n° 3, 1977, pp. 142-147 et 154.
b) Marcel C. LaFollette, "Conference Report: Humanistic Science Education in Japan and the United States", Science, Technology, and Human Values, vol. 4, n° 28, été 1979, pp. 36-40 (ERIC Accession No. ED 174 444).

c) Peter A. Rubba et Hans O. Andersen, "Developing of an Instrument to Assess Secondary School Students' Understanding of the Nature of Scientific Knowledge", Science Education, vol. 62, n° 4, 1978, pp. 449-458.
d) John R. Tarp, "Toward Scientific Literacy for ALL our Students", The Science Teacher, vol. 45, n° 9, 1978, pp. 38-39.

19. Leopold E. Klopfer, "Scientific Literacy Re-examined", Science Education, vol. 60, n° 1, 1976, p. 95.

20. Milton O. Pella, "The Place or Function of Science for a Literate Citizenry", Science Education, vol. 60, n° 1, 1976, pp. 97-101.

21. George T. O'Hearn, "Science Literacy and Alternative Futures", Science Education, vol. 60, n° 1, 1976, pp. 103-114.

22. Christopher Dede, "Examining a Model for Teaching Scientific Literacy through Interdisciplinary Courses Focussed on Science-Related Issues", 1976, University of Houston, Clear Lake, Texas (ERIC Accession No. ED 123 129).

23. National Assessment of Educational Progress, "Science Achievement in the Schools: A Summary of Results from the 1976-77 National Assessment of Science", Education Commission of the States Science Report No. 08-S-01, décembre 1978, p. 1 (ERIC Accession No. ED 164 337).

24. Robert Karplus, "The Science Curriculum Improvement Study", Journal of Research in Science Teaching, vol. 2, 1964, p. 293.

25. Ibid., p. 296.

26. Un autre exposé intéressant de Karplus, publié quelques années plus tard, est "Science for Young Pupils", Prospects, vol. 8, n° 1, 1978, pp. 48-57.

27. Jane B. Bowyer et Marcia C. Linn, "Effectiveness of the Science Curriculum Improvement Study in Teaching Scientific Literacy", Journal of Research in Science Teaching, vol. 15, n° 3, 1978, pp. 208-219.

28. Ibid., p. 209.

29. Leopold E. Klopfer, "Science Education in 1991", School Review, vol. 77, nos 3-4, 1969, pp. 199-217. Klopfer fait d'intéressantes observations sur la culture scientifique dans "Evaluation of Learning in Science", dans B. Bloom, J.T. Hastings et G.F. Madaux, Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning, McGraw-Hill Book Co., Toronto, 1971, pp. 559-642.

30. Ibid., p. 201.

31. Ibid., pp. 203-204.

PUBLICATIONS DU COMITÉ DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

Exposés à débattre

Un contexte canadien pour l'enseignement des sciences
par James E. Page (octobre 1979)

L'enseignement des sciences dans une perspective sociale
par Glen S. Aikenhead (février 1981)

L'enseignement des sciences vu par un ingénieur
Par Donald A. George (juin 1981)

Qu'est-ce que la pensée scientifique?
par Hugh Munby (mars 1982)

La Macroscole ou l'enseignement systémique des sciences
par Marcel Risi (octobre 1982)

La culture scientifique - Vers l'équilibre dans le choix d'objectifs pour l'enseignement des sciences à l'école
par Douglas A. Roberts (mai 1983)

Comptes rendus

Les sciences au Québec: Quelle éducation?
(octobre 1981)

Qui fait tourner la roue?
(janvier 1982)

Autres publications

Bulletin concernant l'Étude sur l'enseignement des sciences
(n^{os} 1-5)

Les femmes et l'enseignement des sciences au Canada - Déclaration
(janvier 1982)